Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KUHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

39. JAHRGANG **HEFT 2 (ZWEITES JANUARHEFT)** **1952**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Die elektrische Ladung suspendierter Zellen. Von E. FRITZE 25

BERICHTE.

Sonnenüberwachung. Von A. BEHR und H. SIEDENTOPF . . 28

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zum Polarisationsgrad der Bremsstrahlung dünner Antikathoden. Von O. BLUNCK und K. DOFFIN 38
Röntgenographische und mechanische Verformungsmessungen an Gußeisen. Von F. BOLLENRATH und V. HAUK 39
Zur Frage der Volumenänderung von Diffusionskörpern bei der Diffusion in metallischen Mischkristallen. Von W. SEITH und A. KOTTMANN 40
Über die Einführung partieller Diffusionskoeffizienten zur Deutung der Diffusion in Metallen. Von W. SEITH, TH. HEUMANN und A. KOTTMANN 41
Die Löslichkeit homologer Reihen organischer Verbindungen. Von L. v. ERICHSEN 41
Chemischer Beweis für die Konstitution des Phenylazids. Von K. CLUSIUS und H. R. WEISSER 42
Konstitution, Lichtabsorption und reaktives Verhalten der farbigen Pyridiniumbetaine. Von F. BOHLMANN und F. KRÖHNKE 43
Ein neuer Weg zur Synthese von alkylierten Azulenen. Von H. POMMER 44
Untersuchungen über Antibiotica aus höheren Pflanzen. IV. Mitteilung. Hemmstoffe im herbstlichen Laub. Von A. G. WINTER und L. WILLEKE 45
Über den Nukleinsäuregehalt in malignen Geschwülsten. Von W. SANDRITTER 46
Über die Bedeutung von Carotin und Riboflavin für die Lichtreizaufnahme bei Pflanzen. Von J. REINERT 47
Die „Copula" der Collembolen (Springschwänze). Von F. SCHALLER 48

Struktur und Eigenschaften der Krystalle

Eine Einführung in die physikalische und chemische Krystallkunde. Von **Helmut G. F. Winkler,** Dr. phil. ao. Professor der Mineralogie und Krystallographie an der Universität Göttingen. Mit 62 Abbildungen, 78 Tabellen und 1 Tafel. VIII, 258 Seiten. 1950. DM 16.80

Aus den Besprechungen: Eine zusammengefaßte Behandlung der zwischen der Krystallstruktur und den physikalischen und chemischen Eigenschaften herrschenden Beziehungen entspricht zweifellos einem Bedürfnis. Erst unter diesem Gesichtspunkt gewinnt die Lehre vom Feinbau der krystallinen Materie volle Lebendigkeit. Der Verfasser hat die bei der Fülle der weit verstreuten und für viele schwer zugänglichen Einzeluntersuchungen nicht leichte Aufgabe unternommen und in anerkennenswerter Weise erfüllt. Das Buch ist freilich nicht eine „Einführung" im landläufigen Sinn, es setzt mancherlei voraus, was doch wohl über den Rahmen der „Grundvorlesungen" in Physik, Chemie und Mineralogie hinausgreift, und es verlangt vom Leser intensive Mitarbeit. Die Darstellung ist flüssig und im ganzen klar. — Das Verfahren, den Stoff durch „zwei Querschnitte" aus verschiedener Richtung zu erschließen, kommt, besonders im ersten, von der Struktur ausgehenden Teil, der Geschlossenheit der Darstellung zustatten. Sowohl dem Studierenden, der tiefer in die Zusammenhänge zwischen Bau und Eigenschaften der festen anorganischen Materie eindringen möchte, wie auch dem Techniker, der heute mit diesen Problemen vielfach in Berührung kommt, kann das Buch als zuverlässiger Führer empfohlen werden. Es bildet zudem eine wertvolle Ergänzung unserer neueren Lehrbücher..

„Kolloid-Zeitschrift"

Krystallometrisches Praktikum

Grundbegriffe und Untersuchungsmethoden. Von **Robert Schroeder,** Assistent am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg. Mit 156 Abbildungen. VIII, 199 Seiten. 1950. DM 15.60

Aus den Besprechungen: In diesem Buch wird ein Spezialkapitel der Mineralogie eingehend behandelt: Die Geometrie der Krystalle. Auf dieser Ebene vermittelt die Arbeit eine erschöpfende Auskunft. Sie ist und will keine Einführung für den Anfänger sein, sondern dem Fortgeschrittenen und vor allem dem Wissenschaftler eine neuere, zusammenfassende Darlegung dieses Stoffgebietes gemäß dem heutigen Stande unserer Erkenntnisse vermitteln. Das ist dem Verfasser recht gut gelungen. Er erläutert die krystallographischen Grundbegriffe (auf deren geschichtliche Entwicklung eingegangen wird), das Messen, Zeichnen und Berechnen der Krystalle. „Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen"

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11,25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Einführung in die Atomphysik

Von Professor Dr. **Wolfgang Finkelnburg**. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 230 Abbildungen. XII, 416 Seiten. 1951. DM 34.50; Ganzleinen DM 39.—

Inhaltsübersicht: Einleitung. — Atome, Ionen, Elektronen, Atomkerne, Photonen. — Atomspektren und Atombau. — Die quantenmechanische Atomtheorie. — Die Physik der Atomkerne. — Physik der Moleküle. — Der flüssige und feste Zustand der Materie vom Standpunkt der Atomphysik. — Tabelle der für die Atomphysik wichtigsten Konstanten und Beziehungen. — Sachverzeichnis.

In der Flut der atomphysikalischen Literatur hat sich das Finkelnburgsche Buch sofort einen führenden Platz erobert; schon nach kurzer Zeit war es vergriffen. Trotz der geringen Zeitspanne, die seit dem Erscheinen der ersten Auflage verstrichen ist, unterscheidet sich die zweite Auflage nicht unerheblich von der ersten. Die Darstellung ist im ganzen noch klarer gefaßt und in zahlreichen Einzelheiten korrigiert und ergänzt worden. Vor allem galt es aber, die wichtigen und folgenreichen Erkenntnisse der atomphysikalischen Forschung — deren Tempo in den letzten beiden Jahren immer stürmischer geworden ist — bis zum Frühjahr 1950 auszuwerten und in den Text einzubauen. Abgesehen von vielfachen Zusätzen und Änderungen bedingte dies ein fast völliges Neuschreiben der Abschnitte V (Kernphysik) und VII (Festkörper — Atomphysik). Auch die den einzelnen Kapiteln folgenden Literaturhinweise wurden unter Heranziehung der ausländischen Buchliteratur erweitert.

Alles in allem wird dem Naturwissenschaftler und dem gebildeten Laien mit dieser Neuauflage ein Werk in die Hand gegeben, das in seltener Weise vorbildliche Lesbarkeit mit wissenschaftlicher Exaktheit vereint, und das den Stand der gesamten atomphysikalischen Forschung in der ersten Hälfte des Jahres 1950 getreu widerspiegelt.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

Rückschau auf das Jahr 1951 und Vorschau auf die vom 21. bis 24. September 1952 in Essen stattfindende 97. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte und die damit verbundene Schultagung.

Unter dem Eindruck der im Oktober 1950 abgehaltenen 96. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, der ersten Nachkriegstagung, hat der Wiederaufbau der Gesellschaft im Jahre 1951 gute Fortschritte gemacht. Die Mitgliederzahl hat sich von rund 500 im Neugründungsjahr 1950 auf über 2000 im Jahre 1951 erhöht und die laufenden Anmeldungen der letzten Monate lassen mit Sicherheit für das Jahr 1952 eine weitere Steigerung erwarten.

Des 100. Todestags (11 August 1851) von LORENZ OKEN, des Gründers der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, wurde in angemessener Weise gedacht. Von seiten unserer Vereinigung wurde die von Professor HUSCHKE-Jena auf der Naturforscherversammlung 1851 in Gotha gehaltene Gedächtnisrede als Beilage zu den ersten Augustheften der „Naturwissenschaften" und der „Klinischen Wochenschrift" verbreitet. Von der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg — an welcher Universität OKEN seine akademische Ausbildung erhalten hatte — wurde im Rahmen der Berichte dieser Gesellschaft (Bd. 41, H. 1) ein OKEN-Heft mit Beiträgen von Professor PFANNENSTIEL und Professor NAUCK herausgebracht. Professor MILT, der Medizinhistoriker der Universität Zürich, deren erster Rektor Magnificus LORENZ OKEN war, veröffentlichte in der Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich (S. 181—202) einen Aufsatz über „LORENZ OKEN und seine Naturphilosophie", nachdem er bereits für das Literaturblatt der Neuen Züricher Zeitung vom 11. August einen Artikel „Zum 100. Todestag von LORENZ OKEN" geschrieben hatte. Auch in den Zeitschriften „Orion" und „Kosmos" und zahlreichen Tagesblättern erschienen im August Gedenkartikel. Die Universität Jena, die erste selbständige Wirkungsstätte von LORENZ OKEN, ehrte sein Andenken durch zwei von Professor BREDNOW und Professor FISCHER in der Medizinischen Gesellschaft vom 1. September gehaltene Vorträge, deren Veröffentlichung noch aussteht.

Die Beziehungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu anderen wissenschaftlichen Organisationen wurden im Jahre 1951 ausgebaut, unter anderem wurde die Gesellschaft Mitglied der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und ihrer Rechtsnachfolgerin, der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Von seiten der Gesellschaft Deutscher Chemiker wurde ihr ein Sitz im Vorstandsrat angeboten, zu dessen Übernahme sich der Linkunterzeichnete für die Dauer seiner Zugehörigkeit zum Vorstand unserer Gesellschaft bereit erklärte.

Auf der ersten Nachkriegstagung in München war beschlossen worden, die nächste Versammlung im Herbst 1952 in Essen abzuhalten und damit eine dieser Stadt schon vor langer Zeit gegebene Zusage einzulösen. Der Beschluß fiel dem Vorstand um so leichter, als von seiten der Stadtverwaltung und der örtlichen Industrie das größte Entgegenkommen zugesichert wurde und in dem wieder entstandenen Essener Saalbau neben verschiedenen kleineren Sälen ein würdiger Tagungsraum für etwa 2000 Personen zur Verfügung steht, auch durch den glatten Verlauf der in Essen abgehaltenen ersten großen deutschen Kirchentagung die Sicherheit gegeben ist, daß dank des Verständnisses der Bevölkerung Tausende von Besuchern ohne Schwierigkeit untergebracht werden können.

Die Naturforschertagung wird wie üblich an einem Sonntag Nachmittag (den 21. September 1952) mit einer feierlichen Sitzung eröffnet, auf der Professor BUTENANDT die Festrede halten wird. Zu einem am Abend desselben Tages stattfindenden Begrüßungsabend der Teilnehmer hat die Essener Industrie eingeladen.

Das wissenschaftliche Programm sieht für Montag Vor- und Nachmittag 5 Vorträge über das Thema „50 Jahre Genetik" und anschließend eine Diskussionsstunde vor. Den Hauptvortrag über die Entwicklung und Problematik der Genetik hat Professor ALFRED KÜHN-Tübingen zugesagt. Anschließend folgen 2 Vorträge über Zytologie und Genetik, die von Professor MARQUARDT-Freiburg (Caryotische Vererbung) und Professor OEHLKERS-Freiburg (Außercaryotische Vererbung) übernommen worden sind. Professor HADORN-Zürich spricht dann über Genetik und Entwicklungsphysiologie und als letzter Professor BUTENANDT-Tübingen über die Biochemie der Gene und Genwirkungen.

In ähnlicher Weise ist der Dienstag Vor- und Nachmittag einer ausführlichen Behandlung des Themas „50 Jahre Virusforschung" gewidmet. Einem einleitenden Vortrag von Dr. WEIDEL-Tübingen über die Entwicklung und Problematik der Virusforschung folgen drei weitere über die Themen: Chemie der Viren (Dr. SCHRAMM-Tübingen), Virus und Zellstoffwechsel (Professor CASPERSSON-Stockholm), und Bedeutung der Virusforschung für die praktische Medizin (Professor KIKUTH-Düsseldorf). Abschließend ist auch hier eine Diskussionsstunde vorgesehen.

Der Mittwoch Vormittag bringt 4 Vorträge über Elektrobiologie. Es werden sprechen: Professor SCHÄFER-Heidelberg über Allgemeine Elektrobiologie, Professor KORNMÜLLER Göttingen über Elektroenzephalographie, Professor LULLIES-Saarbrücken über die Elektrobiologie des peripheren Nervensystems und Professor AUTRUM-Göttingen über die Elektrobiologie des Auges.

Am Mittwoch Nachmittag werden Professor OBERSTE-BRINK-Aachen über die Geologie des Ruhrbezirks und Professor POTONIÉ-Krefeld über die Paläontologie der karbonischen Pflanzen sprechen. In der Schlußsitzung wird Professor KÖNIGSWALD-Utrecht einen Vortrag über die Phylogenie des Menschen halten.

Die Essener Tagung wird dadurch eine besondere Note erhalten, daß der Vorstand der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte beschlossen hat, in Wiederaufnahme einer alten Tradition (Naturforschertagungen Hamburg 1901, Kassel 1903 und Meran 1905, die zu den Meraner Beschlüssen über die Gestaltung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen führten) und in Fühlungnahme mit den einschlägigen wissenschaftlichen Gesellschaften der Physiker und Chemiker, mit führenden Biologen, dem Verein zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, dem Verein Deutscher Ingenieure und dem Bundesverband der Deutschen Industrie neben den wissenschaftlichen Sitzungen wiederum eine Schultagung zu veranstalten, auf der von je einem Pädagogen, Physiker, Chemiker, Biologen und Mediziner zu dem brennenden Problem der heutigen deutschen Schulverhältnisse Stellung genommen werden soll. Vorbereitet wird diese Schultagung, die am Sonntag Vormittag, den 21. September stattfindet, durch eine vom Vorstand der

Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzte Schul- und Unterrichtskommision, in welche die folgenden Herren gewählt bzw. zugewählt worden sind:

Professor BUTENANDT-Tübingen (Vorsitzender), Direktor BLUHM-Düsseldorf (Verein Deutscher Ingenieure), Professor BOSSERT-Essen (Medizin), Professor KARL HAHN-Gießen (Physik), Professor HÖRLEIN-Elberfeld (Chemie), Professor KÜHN-Tübingen (Zoologie), Min.-Rat Dr. LAMBACHER-Tübingen (Mathematik und Förderverein), Professor LITT-Bonn (Pädagogik), Professor MARTINI-Bonn (Medizin), Professor MICHEEL-Münster (Chemie), Professor OEHLKERS-Freiburg (Botanik), Direktor Dr. OTTMER-Recklinghausen (Physik und Förderverein), Professor POHL-Göttingen (Physik), Generaldirektor Dr. REUSCH-Oberhausen (Bundesverband der Deutschen Industrie), Professor SIEBEL-Stuttgart (Verein Deutscher Ingenieure), Dr. STECKHAN-Stade (Schulbiologie) und Professor WEINSTOCK-Frankfurt (Pädagogik).

Den einleitenden Vortrag auf der Schultagung hat der Bonner Philosoph und Pädagoge Professor Dr. LITT übernommen, der zu dem Thema „Die Stellung der Naturwissenschaft innerhalb der Menschenbildung" sprechen wird. Er hat dafür eine Reihe von Leitsätzen zur Verfügung gestellt, die wir schon heute veröffentlichen möchten:

1. Obwohl die Bedeutung der Naturwissenschaft (samt ihren praktischen Anwendungen) für die moderne Welt offen zutage liegt, ist es dem allgemeinen Bewußtsein bis heute nicht gelungen, ihr im Ganzen des menschlichen Daseins den rechten Platz anzuweisen und sie zu den übrigen Lebensmächten in das rechte Verhältnis zu setzen.

2. Die innere Unsicherheit verrät sich in dem Schwanken zwischen einer Vergötterung der Naturwissenschaft, die von ihr die Lösung aller Lebensrätsel und die Überwindung aller Lebensschwierigkeiten erwartet, und einer Verurteilung, die ihr nicht nur den echten Wahrheitswert abspricht, sondern sie auch für die Mißleitung und Entstellung des Menschen verantwortlich macht.

3. Solange diese Unsicherheit dauert, kann dem Menschen von heute nicht zugebilligt werden, daß er in sich selbst und in seinem Verhältnis zur Welt jene Ordnung hergestellt habe, auf die das recht verstandene Wort „Bildung" hindeutet.

4. Damit diese Ordnung zustande komme, ist es zunächst erforderlich, daß die Fähigkeiten, deren es zur erfolgreichen Fortbildung der Naturwissenschaft bedarf, aufs sorglichste gepflegt und die Bildungseinrichtungen, denen diese Pflege obliegt, planmäßig ausgebaut werden. Alles weitere hängt davon ab, daß in diesem Bezirk der Bildungsarbeit nichts versäumt oder vernachlässigt wird.

5. „Gebildet" darf sich kein Mensch nennen — mag er nun produktiv auf dem Felde der Naturwissenschaft tätig sein oder lediglich als theoretisch sich Unterrichtender und praktisch Nutznießender an ihren Ergebnissen interessiert sein — der nicht imstande ist, sich einerseits vom Wesen und von der Größe der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, von ihrer Stellung im Aufbau des gemeinsamen Lebens und ihrem Verhältnis zu anderen Geistesmächten Rechenschaft zu geben, andererseits aber auch die Irrungen und Verwirrungen zu durchschauen, die immer dann eintreten müssen, wenn die im Wesen dieser Wissenschaft liegenden Grenzen überschritten und die durch sie ermöglichten Formen des Handelns der Aufsicht des sittlichen Willens entzogen werden.

6. Nur wenn unser Bildungswesen dahin gelangt, die gründlichste fachliche Schulung in den Naturwissenschaften mit der Erhellung ihrer überfachlichen Lebensbezüge zu vereinigen, werden wir eine Jugend heranwachsen sehen, die, ausgereift, nicht von dem Automatismus des modernen Lebens verschlungen wird, sondern ihn der Herrschaft von Einsicht und Wille zu unterwerfen weiß.

An alle Naturwissenschaftler und Ärzte, die an der Neuordnung des deutschen Schulwesens interessiert sind, richten wir die Bitte, Anregungen und Vorschläge an die Geschäftsstelle der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 217, gelangen zu lassen zwecks Vorlage an und Berücksichtigung durch die Unterrichtskommission.

An die gleiche Stelle sind auch Anmeldungen zur Mitgliedschaft bei unserer Gesellschaft zu richten, die satzungsgemäß von allen denjenigen erworben werden kann, die sich wissenschaftlich mit Naturforschung und Medizin beschäftigen. Der Jahresbeitrag beträgt DM 5.— und kann auf das Postscheckkonto der obengenannten Geschäftsstelle: Köln 718 17 eingezahlt werden.

Tübingen und Wuppertal-Elberfeld, im Februar 1952.

gez. Prof. Dr. BUTENANDT. gez. Prof. Dr. HÖRLEIN.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 39 Heft 2 (Zweites Januarheft) 1952

Die elektrische Ladung suspendierter Zellen *).

Von EUGEN FRITZE, Göttingen.

Zur Deutung bestimmter zellphysiologischer Phänomene sind physikalische und physiko-chemische Eigenschaften der Zellen herangezogen worden. Die amöboide Fortbewegung mancher Zellen, die Fähigkeit zu phagozytieren, Agglutinationsvorgänge der Blutzellen und andere biologische Erscheinungen an Zellen sind mit Änderungen der Oberflächenspannung und vor allem elektrischer Zellpotentiale erklärt worden.

Biologische Probleme der menschlichen Blutzellen gaben uns zur Entwicklung einer brauchbaren Methode Veranlassung, die die Bestimmung der elektrischen Oberflächenladung suspendierter Zellen gestattet. Das unten mit seinen theoretischen Voraussetzungen dargestellte Verfahren führte zu Ergebnissen, die Einblicke in den Mechanismus bestimmter Funktionen und Eigenschaften der Blutzellen vermitteln. So geht die Reifung der Blutzellen mit charakteristischen Veränderungen ihrer elektrischen Ladung einher. Die Größe der elektrischen Ladung hat zu der Fähigkeit der granulierten Leukozyten Beziehung, Bakterien und Fremdkörper zu phagozytieren, und zu ihrem Vermögen, sich aktiv fortzubewegen. Die Methode, die das Prinzip der Kataphorese, der Wanderung im elektrischen Feld benutzt, ist nicht nur bei Blutzellen, sondern auch bei anderen mikroskopisch kleinen, suspendierbaren biologischen Objekten — Protozoen, Pflanzenzellen usw. — anzuwenden und dürfte damit neben dem Mediziner auch den Biologen interessieren.

Die von REUSS zuerst beschriebene Kataphorese wurde zur Untersuchung tierischer und pflanzlicher Objekte und anderer Teilchen schon mehrfach benutzt, ohne daß die entsprechenden physikalischen Bedingungen stets berücksichtigt wurden. Mitgeteilte Ergebnisse zeigen daher zum Teil erhebliche Widersprüche.

In einem elektrischen Feld werden Ladungsträger in bestimmter Richtung und mit bestimmter Geschwindigkeit bewegt. Ist der Ladungsträger ein festes Teilchen, so wird dieser Vorgang als Kataphorese oder Elektrophorese bezeichnet. In einem elektrischen Feld der Feldstärke E wirkt auf jedes Teilchen eine Kraft. Infolgedessen bewegen sich die Körperchen mit einer Geschwindigkeit v, deren Richtung vom Vorzeichen und deren Größe vom Betrag der Ladung q abhängt. Der Zusammenhang zwischen Ladung und Geschwindigkeit der Teilchen ergibt sich, wenn man die elektrische Kraft $K = q \cdot E$ und die Reibungskraft des Suspensionsmediums R einander gleich setzt. Speziell für kugelförmige Teilchen ist nach dem STOKESschen Gesetz:

$$R = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

(η = Viskosität der Flüssigkeit, r = Radius des Teilchens).

Für die Wanderungsgeschwindigkeit ergibt sich dann:

$$v = \frac{q \cdot E}{6\pi \cdot \eta \cdot r}. \qquad (1)$$

Die Korpuskeln sind kleinen Kugelkondensatoren vergleichbar. Ein derartiger Elektrizitätsträger mit dem Radius r und der Ladung q hat gegen die unverschieblichen Teile der umgebenden Flüssigkeit die Spannung ζ. Bei „unendlich weitem" Abstand der zweiten Belegung (d.h. weit gegenüber dem Teilchenradius) gilt für die Kapazität des Teilchens:

$$C = \frac{q}{\zeta} = 4\pi\, \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r \qquad (2)$$

(ε_0 = Influenzkonstante = $8{,}86 \cdot 10^{-12}$ Ampsec/Voltmeter; ε = Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit).

Für die Wanderungsgeschwindigkeit ergibt sich dann:

$$v = \frac{2}{3} \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}{\eta} \zeta \cdot E. \qquad (3)$$

Die Größe ζ wird auch als „elektrokinetisches Potential" des wandernden Teilchens bezeichnet. Man pflegt die elektrische Wanderungsgeschwindigkeit auf die Feldstärke 1 (Voltcm^{-1}) zu beziehen und definiert diesen Wert als „elektrische Beweglichkeit" $b = v/E$. Dann gilt für die Beweglichkeit:

$$b = \frac{2}{3} \cdot \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}{\eta} \cdot \zeta \left[\frac{\mu/\text{sec}}{\text{Volt/cm}}\right]. \qquad (4)$$

Die elektrische Beweglichkeit ist also direkt proportional dem elektrokinetischen Potential ζ und der Dielektrizitätskonstanten ε und steht in umgekehrter Beziehung zur inneren Reibung der suspendierenden Phase. Das STOKESsche Gesetz gilt nur für kugelförmige Teilchen. Bei beliebiger Teilchenform bleiben zwar Geschwindigkeit und Reibungskraft einander proportional, der Proportionalitätsfaktor wird aber ein anderer. Sein Wert ist aus Diffusionsversuchen zu bestimmen. Für die Diffusionskonstante D gilt die EINSTEINsche Beziehung:

$$D = \frac{1}{6\pi \cdot r \cdot \eta} \cdot k \cdot T$$

(k = BOLTZMANNsche Konstante = $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Wattsec/Grad; T = absolute Temperatur).

Damit ergibt sich:

$$v = \frac{q \cdot E \cdot D}{k \cdot T}$$

bzw.

$$b = \frac{q \cdot D}{k \cdot T}.$$

Diese Formulierung läßt unberücksichtigt, daß das suspendierte Teilchen sich mit einer Wasserhülle umgibt und damit eine geringere Ladung wirksam wird. Außerdem kommt es zur Bildung einer „Ionenwolke", deren Dicke von der Ionenstärke der Suspensionslösung, also von der molaren Konzentration und der Wertigkeit der vorhandenen Elektrolytionen abhängig ist. Mit wachsender Ionenstärke des Suspensionsmediums wird die elektrische Beweglichkeit der Teilchen geringer. Die Beweglichkeit wird außerdem noch

*) Herrn Professor Dr. R. SCHOEN zum 60. Geburtstag am 31. 1. 1952 gewidmet.

durch den sog. „kataphoretischen Effekt" und den „Relaxationseffekt" beeinträchtigt.

Die Übertragung der von DEBYE-HÜCKEL-ONSAGER entwickelten Formeln, die diese Kräfte in ihrer Theorie der starken Elektrolyte berücksichtigen, auf

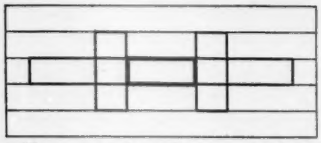


Fig. 1. Kataphoresekammer, Aufsicht.

Teilchen sichtbarer Größe ist leider nicht möglich, weil die Voraussetzung des gegenüber dem Radius der Ionenwolke kleinen Teilchenradius nicht oder nur

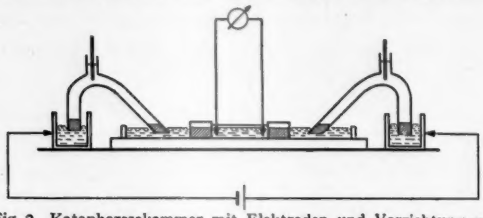


Fig. 2. Kataphoresekammer mit Elektroden und Vorrichtung zur Messung der Kammerspannung.

unvollkommen erfüllt ist. Auf die Umrechnung der gemessenen elektrischen Beweglichkeiten auf die Ladungen bzw. auf die elektrokinetischen Potentiale ist aber zu verzichten. Die elektrische Beweglichkeit selbst ist als Maß dieser Größen zu nehmen.

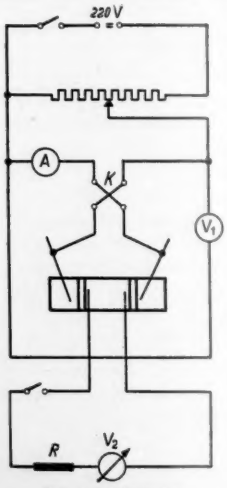


Fig. 3. Schaltplan der Kataphoreseapparatur. *A* Amperemeter; *K* Kommutator; V_1 Voltmeter für Klemmenspannung; V_2 Voltmeter für Kammerspannung; *R* Widerstand.

Die Größe des kataphoretisch zu ermittelnden Potentials ζ hängt also von zwei Komponenten ab, von der Ladung der Teilchen und von den Eigenschaften des Suspensionsmediums. Viskosität, Dielektrizitätskonstante und spezifische Leitfähigkeit des *Suspensionsmediums* und sein Elektrolytgehalt sind bedeutsam. Diese Faktoren werden in der Versuchsanordnung ebenso wie die Feldstärke konstant gehalten. Damit sind sie in den Gl. (3) und (4) zu einer Konstanten K zusammenzufassen. Für die elektrische Wanderungsgeschwindigkeit bzw. Beweglichkeit gilt dann: $v = K \cdot \zeta$ bzw. $b = K' \cdot \zeta$. Die Eigenschaften der zu untersuchenden *Korpuskeln* bestimmen damit die Größe des elektrokinetischen Potentials durch ihre besondere chemische Konstitution und ihre Eigenleitfähigkeit.

Die *Suspensionslösung* hat je nach Art der zu untersuchenden Zellen bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen. Die Lösung soll das physiologische Milieu der Zellen weitgehend nachahmen, andererseits muß ihr Elektrolytgehalt aus den oben angeführten Gründen möglichst gering sein. Zur kataphoretischen Untersuchung menschlicher und tierischer Blut- und Knochenmarkszellen hat sich eine gepufferte Saccharose-Kochsalz-Lösung bewährt: 10 cm³ 9,0%ige Saccharoselösung + 1 cm³ Kochsalz-Veronal-Veronalnatriumlösung (100 cm³ 0,9%ige Kochsalzlösung + 2,07 g Veronalnatrium + 0,368 g Veronal). Mit einer Gefrierpunktserniedrigung von $\Delta = 0{,}59°$ ist diese Lösung hinreichend blutisotonisch. Ihre aktuelle Reaktion liegt bei p_H 7,8, ihr Elektrolytgehalt ist gering. Die Ionenstärke errechnet sich zu 0,024. Die Zusammensetzung der Suspensionslösung ist peinlich konstant zu halten, wenn vergleichbare und reproduzierbare Ergebnisse gewonnen werden sollen. Sie wird zweckmäßig durch Bestimmung ihrer Leitfähigkeit und der aktuellen Reaktion (Ionometrie) laufend kontrolliert. Auch das Zellgut muß in stets gleicher Menge zugesetzt werden (z. B. 0,015 cm³ Blut auf 5 cm³ Suspensionslösung). Die Viskosität der Lösung ist temperaturabhängig. Ihre Erwärmung durch den Stromfluß (JOULEsche Wärme) oder auch durch die Mikroskopbeleuchtung ist zu vermeiden oder doch gering zu halten.

Apparatur.

Die Art des Untersuchungsmaterials verlangt mikroskopische Beobachtung der Kataphorese. Die Differenzierung verschiedener Zelltypen wird durch Anwendung des Phasenkontrastverfahrens erleichtert. Die Zellsuspension wird in eine Kataphoresekammer gegeben, die auf einem massiven Objektträger (100:40:3 mm) zwischen den stromzuführenden Elektroden angebracht ist (Fig. 1). Sie nimmt den mittleren Teil eines Troges ein (85:10:1,4 mm), der durch zwei 10 mm breite Glasleisten — Abstand 20 mm — überbrückt wird. Der Elektrodenkette angehörende Agarblöcke, die unter diese Glasleisten gegossen werden, schließen die mittlere eigentliche Strömungskammer gegen zwei Außenbecken ab. Die Strömungskammer ist mit einem Deckglas abgedeckt, das in die Glasleisten eingepaßt ist und an beiden seitlichen Enden kleine Aussparungen hat, durch die im Abstand von 20 mm Platinelektroden in die Strömungskammer tauchen. Mit ihnen wird vor Versuchsbeginn die Kammerspannung auf 20 V eingeregulliert. Danach werden die Elektroden entfernt, das durch Federn seiner Unterlage fest aufgedrückte Deckglas wird durch verflüssigte Vaseline seitlich abgedichtet. Die seitlichen Außenbecken sind mit der gleichen Lösung beschickt, die zur Suspendierung des Untersuchungsmaterials dient. In sie tauchen U-förmige, beidseitig mit Agar verschlossene Glaselektroden, die mit Suspensionslösung gefüllt sind und mit ihrem anderen Schenkel in mit Zinksulfat gefüllte Zinktröge reichen. Als auch bei längerer Benutzung einwandfreie, unpolarisierbare Elektrodenanordnung ergibt sich damit: Zink-Zinksulfat-Agar-Suspensionslösung-Agar-Suspensionslösung-Agar (Fig. 2). Der Agar ist 3%ig in Suspensionslösung gelöst.

Durch die gleiche Elektrolytzusammensetzung und Konzentration von Kammerflüssigkeit, Agar und Flüssigkeit der Außenbecken wird die Entstehung störender Diffusionsströmungen vermieden. Durch den flächenhaften Stromeintritt in die Kammer gestaltet sich das zwischen den Agarblöcken entstehende elektrische Feld ausreichend homogen.

Die ganze Kataphoreseapparatur ist auf einen Rahmen montiert und durch einen geeigneten Objektführer auf dem Mikroskoptisch zu verschieben.

Die „elektrische Beweglichkeit" ist auf die Feldstärke 1 V/cm bezogen. Bei den Untersuchungen wird aus praktischen Gründen mit einer Feldstärke von 10 V/cm gearbeitet. Die Kammerlänge von 20 mm bedingt damit die Anlegung einer Spannung von 20 V. Die zu ihrer Einstellung dienenden Platinelektroden wurden schon erwähnt. Ein in den Stromkreis geschaltetes Amperemeter gestattet die laufende Kontrolle der elektrischen Vorgänge in der Kataphoresekammer. Der Strom wird dem Gleichstromnetz oder einer Anodenbatterie entnommen. Die Stromrichtung wird nach jeder Messung gewendet und so die Wanderungsgeschwindigkeit jedes Teilchens in beiden Richtungen gemessen (Fig. 3).

Die Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeit der Zellen v erfolgt durch Messung der für eine bestimmte Wegstrecke (200 μ) benötigten Zeit mit Stoppuhr und geeichtem Meßokular (Objektiv Ph. K. 30, Meßokular 18 ×). Aus der Wanderungsgeschwindigkeit wird die elektrische Beweglichkeit in $\frac{\mu/\text{sec}}{\text{Volt/cm}}$ errechnet.

Die Abmessungen der Apparatur gestatten bei einer Kammertiefe von 1400 μ die Verwendung einer 540fachen Vergrößerung, die neben der besseren Zelldifferenzierung die genauere Einhaltung einer bestimmten Beobachtungstiefe ermöglicht, als mit schwächerer Vergrößerung zu erreichen ist. Die besonderen Bedingungen der elektrischen Vorgänge in einer *engen* Strömungskammer erfordern die Beobachtung in einer bestimmten Kammertiefe, da sich wegen des Unterschieds der Dielektrizitätskonstanten das Wasser gegenüber dem Glas positiv auflädt. Beim Stromdurchgang kommt es daher neben der Korpuskelströmung zu entgegengesetzter, in Glasnähe besonders starker elektroosmotischer Wasserverschiebung. Diese beeinträchtigt die Beweglichkeit der Korpuskeln. Wegen der Symmetrie des Vorganges bei allseits hermetischem Kammerabschluß erfolgt die Rückströmung der in Glasnähe zur Kathode bewegten Flüssigkeit in der Kammermitte und muß hier negativ geladene Teilchen entgegen einer Verzögerung in den glasnahen Randzonen beschleunigen (umgekehrt bei positiv geladenen Korpuskeln). Die wirkliche Wanderungsgeschwindigkeit ist in der Kammertiefe zu bestimmen, in der die Wasserströmung gleich Null ist. Diese Tiefe x ist bei laminarer Flüssigkeitsströmung aus der Kammertiefe d zu errechnen:

$$x = d \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{12}}\right) = 0{,}7887\, d\,.$$

Bei einer Kammertiefe von 1400 μ ergeben sich als Beobachtungstiefen der wahren Wanderungsgeschwindigkeit:
$x_1 = 296\,\mu$ (unter Deckglasunterfläche),
$x_2 = 1104\,\mu$ (unter Deckglasunterfläche bzw. 296 μ über dem Kammerboden).

Die Einstellung der optischen Ebene des Mikroskops auf die berechnete Beobachtungstiefe hat neben der Dicke des Deckglases den Brechungsindex von Glas und Suspensionslösung zu berücksichtigen. Die Größe der notwendigen Senkung des Mikroskoptubus nach Scharfeinstellung der Deckglasoberfläche berechnet sich bei hinreichend kleiner numerischer Apertur des Objektivs nach folgender Beziehung:

$$\text{Einzustellende Tiefe} = \frac{\text{Deckglasdicke}}{\text{Brechungsindex Glas}} + \frac{\text{Untersuchungstiefe}}{\text{Brechungsindex Suspensionslösung}}.$$

Der Brechungsindex des Glases beträgt 1,51, der der angegebenen Suspensionslösung wurde mit 1,346 bestimmt. Die tatsächlich mikroskopisch einzustellende Tiefe ist bei einer Deckglasdicke von 0,33 mm für:
$x_1 = 437{,}5\,\mu$, $x_2 = 1038\,\mu$ und für die Kammermitte $x_m = 738\,\mu$.

Die Untersuchung in der Kammermitte hat sich trotz der angedeuteten Einwände aus praktischen Gründen (Zellreichtum, gleichmäßige Strömung) als vorteilhaft erwiesen. Die hier die Zellen beschleunigende bzw. hemmende Wasserströmung ist als konstanter Faktor einzusetzen.

Zur Bestimmung der Wanderungsgeschwindigkeit wird eine Zelle oder Zellart mindestens 10mal in beiden Richtungen gemessen und unter Anwendung statistischer Methoden der Mittelwert und sein mittlerer Fehler errechnet. Als Beispiele seien die elektrischen Beweglichkeiten der roten Blutkörperchen verschiedener Tiere und die verschieden reifer weißer Blutkörperchen eines Menschen angegeben (Fig. 4 und 5).

Die Errechnung des elektrokinetischen Potentials aus der elektrischen Beweglichkeit ist nur mit den oben geschilderten Einschränkungen vertretbar. Sie ist im allgemeinen überflüssig, die Beweglichkeit ist

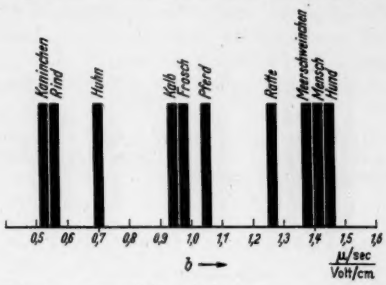


Fig. 4. Elektrische Beweglichkeit b der Erythrozyten verschiedener Tiere.

als Maß des Potentials zu verwenden. Für menschliche Erythrozyten errechnet sich das Potential ζ bei

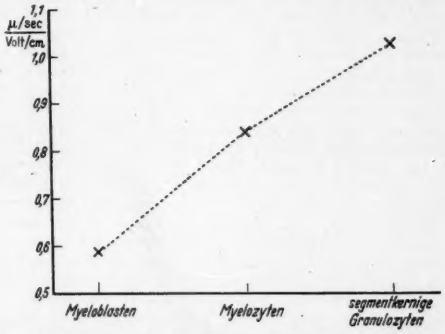


Fig. 5. Elektrische Beweglichkeit weißer Blutkörperchen in verschiedenen Reifestadien.

Ordinate: Beweglichkeit b der Myeloblasten $= 0{,}57 \pm 0{,}04$
Beweglichkeit b der Myelozyten $= 0{,}82 \pm 0{,}03$
Beweglichkeit b der segmentkernigen Granulocyten $= 1{,}05 \pm 0{,}04$
vergleichsweise der Erythrozyten $= 0{,}91 \pm 0{,}01$;

Die Zeilen sind negativ geladen, wandern also zur Anode. Abstand der Zellen auf der Abszissenachse entspricht etwa dem größeren Reifegrad (von links nach rechts zunehmende Reifung).

einer durchschnittlichen Beweglichkeit von $1{,}41 \pm 0{,}03$ $\frac{\mu/\text{sec}}{\text{Volt/cm}}$ bei Ionenstärke 0,024 der Suspensionslösung auf etwa 0,040 V und im elektrolytfreien Milieu auf etwa 0,080 V.

Die elektrische Ladung der Zellen ist durch die Differenz der Dielektrizitätskonstanten von Zellen und Medium und durch die spezifische physiko-chemische Oberflächenstruktur bedingt. Bei roten Blutkörperchen kommt den Membraneiweißen neben Lipoiden besondere Bedeutung zu. Durch Variation der aktuellen Reaktion des Suspensionsmediums läßt sich nachweisen, daß die elektrische Beweglichkeit und damit die Ladung mit größerer Wasserstoffionenkonzentration geringer wird, um jenseits eines Nullpunktes — dem isoelektrischen Punkt — mit umgekehrtem

Vorzeichen wieder anzusteigen. Eine derartige Abhängigkeit der elektrischen Wanderungsgeschwindigkeit und Wanderungsrichtung von der aktuellen Reaktion ist den Ampholyten und damit insbesondere den Proteinen eigen, deren Art und Eigenschaften für die Ladung der Blutzellen offenbar besondere Bedeutung haben.

Da die elektrische Ladung zur Oberflächenspannung der Zellen in Beziehung steht, mit deren Verhalten das Phagozytosevermögen, die Ausstülpung von Pseudopodien und andere Zellfunktionen erklärt werden, vermittelt die Zellkataphorese Einblicke in biologische Mechanismen, die sich zu nicht geringem Teil als physikalisch-chemische Reaktionsabläufe darstellen.

Den Herren Prof. Dr. Pohl und Priv.-Doz. Dr. Stöckmann, I. Physikalisches Institut Göttingen, danke ich für die Durchsicht des physikalisch-theoretischen Teils.

Literatur.

Abramson, H. A.: J. gen. Physiol. **12**, 711 (1929); **14**, 163 (1930). Abramson, H. A., and L. Michaelis: J. gen. Physiol. **12**, 587 (1929). Abramson, H. A., L. S. Moyer and M. H. Gorin: Electrophoresis of proteins and the chemistry of cell surfaces. New York: Reinhold publish. corporat. 1942. — Coulter, C. B.: J. gen. Physiol. **3**, 309 (1921); **7**, 99 (1925). — Ellis, R.: Z. physik. Chem. **78**, 321 (1912). — Freundlich, H., u. H. A. Abramson: Z. physik. Chem. **128**, 25 (1928). — Fritze, E.: Verh. dtsch. Ges. inn. Med. **1950**, 223. — Acta Haematol. **1950**, 351. — Z. klin. Med. **147**, 568 (1951). — Höber, R.: Pflügers Arch. **101**, 607 (1904). — Howitt, F. O.: Biochemic. J. **28**, 1165 (1934). — Northrop, J. H., and M. Kunitz: J. gen. Physiol. **7**, 731 (1925). — Oliver, J., and L. Barnard: J. gen. Physiol. **7**, 99 (1925). — Putter, E.: Z. Immun.forschg. **32**, 538 (1921). — Schütz, F., u. E. Wöhlisch: Z. Biol. **82**, 265 (1924). — Seki, M.: Z. Zellforschg. **17**, 139 (1933). — Z. exper. Med. **91**, 593 (1933). — Smith, M. E., and M. W. Lisse: J. physic. Chem. **40** 399 (1936).

Medizinische Universitätsklinik Göttingen (Direktor: Prof. Dr. R. Schoen).

Eingegangen am 14. September 1951.

Berichte.

Sonnenüberwachung*).

Von A. Behr und H. Siedentopf,
Freiburg i. Br. und Tübingen.

Seit der Zeit der ersten systematischen Beobachtungen von Sonnenflecken, die jetzt etwa 200 Jahre zurückliegt, ist das Interesse an einer laufenden Überwachung der Vorgänge an der Sonnenoberfläche ständig gewachsen. Dazu haben nicht nur die Fortschritte der Sonnenphysik als eines Teilgebietes der allgemeinen Astrophysik beigetragen, sondern auch die Tatsache, daß bei zahlreichen irdischen Erscheinungen, z.B. den Schwankungen des Erdmagnetfeldes, der Struktur der Ionosphäre, bei Wettervorgängen und biologischen Effekten ein solarer Einfluß nachgewiesen oder zum mindesten wahrscheinlich gemacht werden konnte. Die Überwachungsdaten sind daher gegenwärtig für zahlreiche Forschungszweige von Bedeutung, für Astrophysik, Geophysik und Meteorologie, für Biologie und Medizin und vor allem für die Technik des drahtlosen Nachrichtenverkehrs in Zusammenhang mit der Ionosphärenforschung. Im folgenden soll darüber berichtet werden, welche Daten die Sonnenbeobachter heute den verschiedenen Interessenten zur Verfügung stellen können und wie es mit der Kontinuität und der Zuverlässigkeit dieser Daten steht. Wir beschränken uns dabei auf Phänomene, die der direkten Beobachtung auf der Sonne zugänglich sind, dagegen sollen Sekundärerscheinungen auf anderen Himmelskörpern des Sonnensystems und in den höchsten Schichten der Erdatmosphäre, die nur mittelbare Rückschlüsse auf die Sonnentätigkeit zulassen, nicht betrachtet werden.

Bei den zu diskutierenden Vorgängen handelt es sich um verschiedenartige unperiodische Störerscheinungen an der Sonnenoberfläche, die untereinander in einer mehr oder weniger engen Korrelation stehen. Man bezeichnet die Gesamtheit dieser Erscheinungen gewöhnlich als *Sonnenaktivität*, wenn es auch nicht möglich ist, sie durch eine einzige Maßzahl auszudrücken. Die physikalischen Ursachen der Sonnenaktivität und ihrer äußerst komplexen Erscheinungsformen sind bisher im wesentlichen unbekannt. Zwar hat die Theorie in der Deutung der Vorgänge, die mit der zeitlich konstanten Licht- und Wärmestrahlung der Sonne und ihren Energiequellen zusammenhängen, große Fortschritte erzielt, so daß die Probleme des Aufbaus der „ruhigen" Sonne und der zugehörigen Erscheinungen in den äußeren Schichten, wie Randverdunklung der Sonnenscheibe, Granulation, Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum, Linienintensitäten und Linienkonturen im wesentlichen gelöst sind. Dagegen wissen wir trotz verschiedener aussichtsreicher theoretischer Ansätze noch nicht, wie die Sonnenflecken sich bilden und wie die mit ihnen verbundenen Magnetfelder, Fackelgebiete und Eruptionen zustande kommen. Wir wissen nicht, welche Kräfte eine Protuberanz entstehen lassen, für lange Zeit im Gleichgewicht halten und schließlich zum Verschwinden bringen, und wir können auch noch nicht mit Sicherheit sagen, wie die Korona auf rund 1 Million Grad aufgeheizt wird und woher ihre Strahlenstruktur rührt. Infolge der Unkenntnis des Mechanismus der Störerscheinungen befindet sich auch die Untersuchung der solar-terrestrischen Beziehungen noch weitgehend im Stadium der Korrelationsforschung, und man hat, besonders auf meteorologischem Gebiet, erst verhältnismäßig wenig an kausalen Zusammenhängen sicherstellen können.

Für die Aufgabe der *Sonnenüberwachung* bedeutet die Unkenntnis der im einzelnen wirksamen physikalischen Ursachen, daß es zweifelhaft ist, ob immer die für das Studium solar-terrestrischer Beziehungen in erster Linie wichtigen und typischen Erscheinungen an der Sonnenoberfläche verfolgt werden. Es bleibt einstweilen kein anderes Verfahren, als möglichst viele verschiedenartige Erscheinungen durch laufende Beobachtungen oder Registrierung zu erfassen, wobei wegen der Wichtigkeit einer langjährigen Homogenität solcher Beobachtungsreihen am einmal gewählten Beobachtungsverfahren streng festzuhalten ist. Infolge der Fortschritte der Beobachtungstechnik, wie sie in den letzten Jahren unter anderem durch den Koronographen und die Interferenzfilter, durch die Verfahren der Radio-Astronomie, in der Messung der Ultrastrahlung und durch Raketensonden erzielt sind, wird es aber immer wieder möglich sein, neue Manifestationen der Sonnenaktivität aufzufinden und als Vergleichsmaß für terrestrische Effekte heranzuziehen.

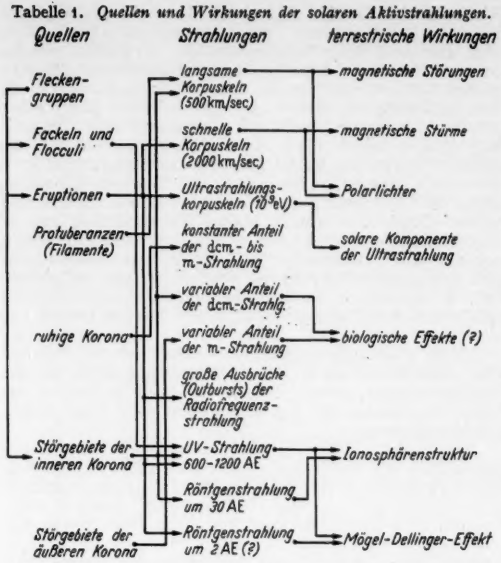
Wir betrachten die von der Überwachung erfaßten Symptome der Sonnenaktivität in der Reihenfolge von innen nach außen. Tabelle 1 gibt eine schematische Übersicht über die einzelnen Erscheinungen, die vermutlich von ihnen ausgehenden Wellen- und Korpuskularstrahlungen und deren irdische Effekte, wobei allerdings noch fraglich ist, ob die Zuordnung bereits in allen Einzelheiten vollständig und zutreffend ist.

Sonnenflecken.

Unter den heute bekannten veränderlichen Erscheinungen auf der Sonne haben die Sonnenflecken als das älteste beobachtete Phänomen besonderes Interesse erweckt. Die Entdeckung der Sonnenflecken fällt praktisch mit der Erfindung des Fernrohres zu Beginn des 17. Jahrhunderts zusammen. Seitdem hat man ihre Erscheinungen — im Laufe der Zeit immer regelmäßiger — verfolgt. Von den kleinsten Poren, die man als langlebige Zusammenballung einiger dunkler Strukturelemente in der Granulation der ungestörten Photosphäre bezeichnen kann, bis zu ausgedehnten, reich gegliederten, bisweilen mit bloßem Auge sichtbaren Gruppen aus zahlreichen Einzel-

*) Erweiterte Ausarbeitung eines Berichts, der von H. Siedentopf gelegentlich einer Tagung der Arbeitsgemeinschaft Ionosphäre am 8. August 1950 in Kleinheubach vorgetragen wurde.

Tabelle 1. *Quellen und Wirkungen der solaren Aktivstrahlungen.*



flecken, nehmen sie alle Formen an. Die heute übliche Einteilung in verschiedene Typen A bis I (Fig. 1) entspricht einem Vorschlag der Eidgenössischen Sternwarte Zürich [*1*]. Stets treten sie in Gruppen in meist bipolarer Anordnung auf, wobei man einzelne isolierte Poren noch als Gruppe definiert. Während ihrer Lebensdauer, die von einigen Stunden bis zu 3 Monaten variieren kann, können sie alle verschiedenen Formen erreichen. Große Fleckengruppen durchlaufen dabei eine Entwicklung von der Art A—B—C—D—E—F—G—H—I—A. Aber an jeder Stufe kann die Entwicklung abbrechen und die Rückbildung einsetzen. Meist entstehen die Gruppen in einem bereits vorhandenen Fackelgebiet, das auch nach dem Verschwinden der Gruppe noch längere Zeit sichtbar bleibt. An besonderen Stellen der Sonnenoberfläche scheinen bevorzugt immer wieder Flecken aufzutreten. Diese *Fleckenherde* oder *Aktivitätszentren* erreichen eine Lebensdauer bis zu einem Jahr. Zu Zeiten geringer Sonnentätigkeit treten sie deutlicher in Erscheinung. Besonders augenfällig werden sie durch eine von der Sonnenrotation herrührenden *27tägige Wiederholungstendenz*, die sich nicht nur bei Flecken, sondern auch bei anderen Sonnenerscheinungen und bei terrestrischen Auswirkungen zeigt.

Die beobachtete Form und Größe der Fleckengruppen ist nur scheinbar; infolge geometrischer Verkürzung der Fläche nach dem Rande zu und aus anderen noch nicht ganz geklärten physikalischen Ursachen zeigen sie eine deutlich ausgeprägte *Sichtbarkeitsfunktion* in Abhängigkeit von der Lage auf der Sonnenscheibe. Einzelne Poren werden dabei schon in geringem Abstand vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe unsichtbar. Große Fleckengruppen verlieren scheinbar einen wesentlichen Anteil von kleineren Einzelflecken und ändern damit ihren Typ (Fig. 2). Alle statistischen Fleckenbeobachtungen sind aus diesem Grunde mit einer Gewichtsfunktion, die von der Richtung zum Beobachter abhängt, behaftet. Beim Studium der individuellen Entwicklung einer Gruppe, die sich infolge der Sonnenrotation über die Scheibe bewegt, muß dies berücksichtigt werden.

In allen Fleckengruppen werden *Magnetfelder* mit Polfeldstärken bis zu 3000 Gß beobachtet. Während der Entwicklung steigt die Polfeldstärke bis auf einen maximalen Wert an, der lange Zeit konstant bleibt und schließlich wieder zurückgeht. Kurzzeitige Schwankungen mit einer Amplitude von 250 Gß in 12 Std wurden von BRUNNKOW und GROTRIAN [*3*] beobachtet. Eine Feldstärkeänderung von 30 Gß/Std entspricht dabei einer Spannung von ungefähr 10^8 V, die längs der Fleckenumrandung induziert wird. Ständige Messungen von Magnetfeldern werden an den Observatorien Mt. Wilson und Potsdam durchgeführt.

Die *laufende Fleckenüberwachung* begann mit R. WOLF im Jahre 1849. Alle früheren Beobachtungen ab 1749 konnte er nachträglich reduzieren, so daß wir von diesem

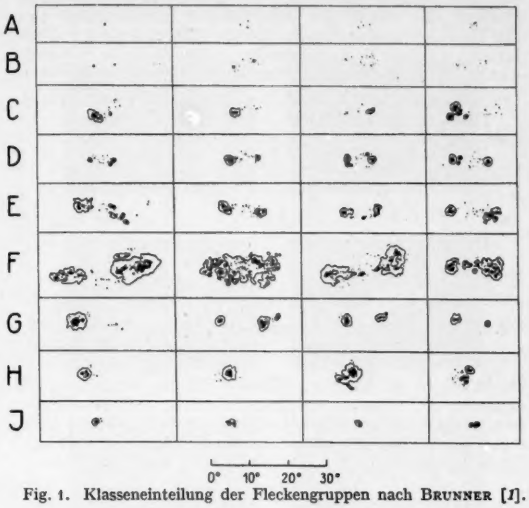


Fig. 1. Klasseneinteilung der Fleckengruppen nach BRUNNER [*1*].

Zeitpunkt an ein lückenloses Material zur Verfügung haben. Aus noch weiter zurückliegenden Beobachtungen konnten wenigstens die Zeitpunkte der Fleckenmaxima

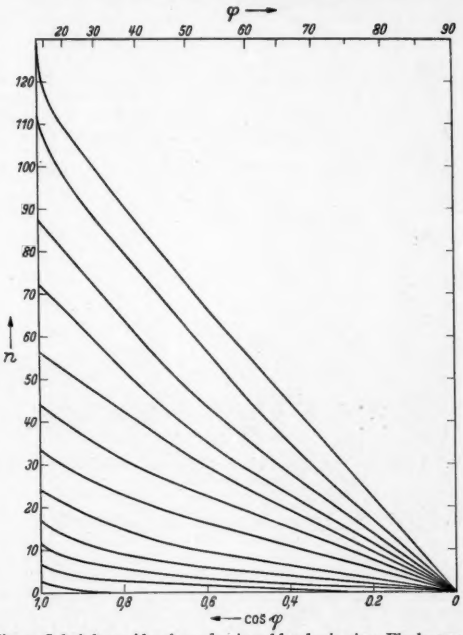


Fig. 2. Scheinbare Abnahme der Anzahl n der in einer Fleckengruppe beobachteten Einzelflecken mit wachsendem Abstand φ vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe nach ROGGENHAUSEN [*2*].

und -minima mit ausreichender Sicherheit bestimmt werden. Als Maß der Fleckentätigkeit führte R. WOLF die tägliche *Fleckenrelativzahl R* ein. Diese ist definiert durch

$$R = k\,(10\,g + f),$$

worin g die Anzahl der beobachteten Fleckengruppen, f die Anzahl aller Einzelflecken auf der Sonnenscheibe darstellen, k ist ein Gewichtsfaktor, der von der Größe des benützten Instrumentes und vom Beobachter abhängt. k wird 1,0 für ein in Zürich aufbewahrtes FRAUNHOFERsches Fernrohr von 6 cm Öffnung. Leider ist die

Bestimmung der Relativzahl von zahlreichen subjektiven Einflüssen abhängig. Was in einer Gruppe noch als Einzelfleck gezählt werden soll, hängt weitgehend von der persönlichen Auffassung des Beobachters, vom Luftzustand, der Größe des verwendeten Instrumentes und der Beobachtungsmethode (direkte Auszählung am Okular oder auf dem Projektionsschirm) ab. Zeitliche Schwankungen der Auffassung kommen vor allem bei ungeübten

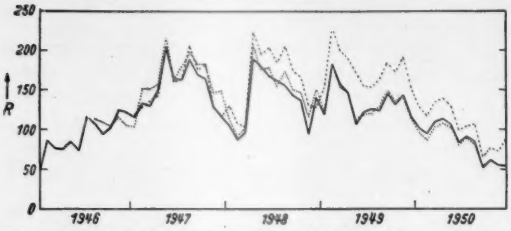


Fig. 3. Monatsmittel der Relativzahlen 1946 bis 1950 (——— Zürich; ..... Fraunhofer-Institut; -------- amerikanische Beobachter).

Beobachtern häufig vor. Ebenso ist die Einteilung in Gruppen nicht immer eindeutig möglich. Größere Gruppen werden von manchen Beobachtern oft als zwei oder mehr getrennte Gruppen angesehen. Alle diese Dinge führen dazu, daß der Faktor k eine von zahlreichen,

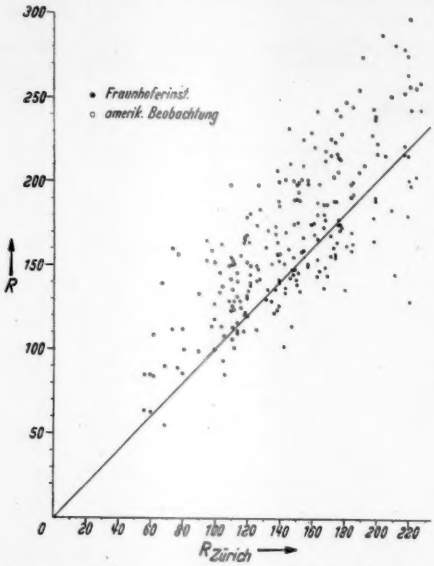


Fig. 4. Vergleich der gemittelten täglichen Relativzahlen 1949 Februar bis Mai.

nachträglich oft kaum bestimmbaren Parametern abhängige Größe wird. Die von den einzelnen Beobachtern gemeldeten Relativzahlen können daher beträchtlich voneinander abweichen. Erst durch die Mittelbildung aus einem größeren Material lassen sich einigermaßen verläßliche Werte ableiten. Solche Mittelwerte werden zur Zeit von der Eidgenössischen Sternwarte Zürich und vom Fraunhofer-Institut veröffentlicht. Ferner gibt das Bureau of Standards eine Zusammenfassung der amerikanischen Beobachter. Trotz gemeinsamer Eichung an der Züricher Skala zeigen vor allem die amerikanischen Relativzahlen starke systematische Abweichungen, wie ein Vergleich der Monatsmittel in den Jahren 1946 bis 1950 zeigt (Fig. 3). Wie groß die bereits gemittelten täglichen Relativzahlen noch streuen können, zeigt die Darstellung in Fig. 4, in der die Mittelwerte des Fraunhofer-Instituts und der amerikanischen Beobachter mit den entsprechenden täglichen Züricher Relativzahlen verglichen werden.

Wegen der großen reellen Änderung der Relativzahlen von Tag zu Tag ist zur Charakterisierung der allgemeinen Fleckentätigkeit eine Mittelung über einen geeigneten Zeitraum angebracht. Sinnvoll wäre dabei ein Zeitabschnitt von einer Sonnenrotation. Trotzdem werden bei statistischen Untersuchungen vielfach nur Monatsmittel betrachtet, obwohl diese bei ungleichförmiger Fleckenbedeckung der Sonne ein falsches Bild geben können. Daher wird meist mit „ausgeglichenen" Monatsmitteln gearbeitet. Jede ausgeglichene Relativzahl ist definiert durch das Mittel aus dem Beobachtungsmonat, den sechs vorangehenden und sechs folgenden Monaten, wobei die Einzelwerte aus dem ersten und letzten Monat halbes Gewicht erhalten. Diese Mittelbildung gleicht zwar die eben erwähnten Fehler aus und macht einen etwa vorhandenen jahreszeitlichen Gang des Reduktionsfaktors k unschädlich. Sie ist aber auch nicht unbedenklich, da zahlreiche reelle Schwankungen der Fleckentätigkeit unterdrückt oder in ihrem Verlauf verfälscht werden.

Trotz aller aufgezeigten Schwächen ist die Relativzahl auch heute noch das zuverlässigste Maß für die Sonnenaktivität, obwohl bessere objektive Methoden zur Charakterisierung der Sonnentätigkeit von allen Seiten angestrebt werden.

Ein weiteres Maß für die Sonnenflecken bilden die *Greenwicher Fleckenflächen*. Für jeden Tag wird die von Flecken bedeckte Fläche der sichtbaren Sonnenhemisphäre in Einheiten von 10^{-6} der Gesamtfläche, getrennt nach Umbra- und Gesamtfleckenfläche, aus Aufnahmen der Sternwarten Greenwich, Kapstadt und Kodaikanal gemessen. Der Vergleich mit den beobachteten Relativzahlen zeigt eine enge Korrelation und erweist damit die Brauchbarkeit der Relativzahlen. Leider ist die Messung von Fleckenflächen sehr zeitraubend und nur auf sehr guten photographischen Aufnahmen möglich, die nicht immer zur Verfügung stehen. Eine Verfälschung durch den Luftzustand, der sich in diesem Fall in einer minderen Bildqualität äußert, ist nicht von der Hand zu weisen. Die Fleckenflächen wurden von 1879 bis 1935 in den Greenwich Photoheliographic Results veröffentlicht. Die weiteren Daten werden auszugsweise (Rotations-, Monats- und Jahresmittel) in regelmäßigen Abständen in den Monthly Notices Roy. Astr. Soc. mitgeteilt.

Fleckenentwicklungstabellen, die die Lebensgeschichte jeder einzelnen beobachteten Fleckengruppe enthalten, wurden von verschiedenen Observatorien, vor allem von Zürich veröffentlicht. Am ausführlichsten sind zur Zeit die Angaben im Sonnenzirkular des Fraunhofer-Instituts, die für jede Fleckengruppe täglich enthalten: Koordinaten, Fleckentyp, Anzahl der Einzelflecken, beobachtete Eruptionen, Stärke der photosphärischen und chromosphärischen Fackeln, sowie Angaben über die Vor- und Nachgeschichte als Fackelgebiet.

Fackelgebiete.

Als Fackeln bezeichnet man Störgebiete der Photosphäre, deren Flächenhelligkeit größer als ihre Umgebung ist. Sie treten vorzugsweise in der Fleckenzone in unmittelbarem Zusammenhang mit Fleckengruppen auf. Häufig werden auch Fackelgebiete beobachtet, in denen es nicht zur Entwicklung eines Fleckes kommt. In der Chromosphäre werden an der Stelle photosphärischer Fackelgebiete Aufhellungen in den Wasserstoff- und Kalziumlinien, sog. H_α- und $K_{2,3}$-Fackeln (früher Flocculi genannt) beobachtet, die in ihrer Form und Intensität von photosphärischen Fackeln abweichen können. Die größte relative Helligkeit und Ausdehnung erreichen die *Kalziumfackeln*. Für photosphärische Fackeln liegen nur wenig statistische Beobachtungen vor, da sie eine stark ortsabhängige Sichtbarkeitsfunktion aufweisen. In optimaler Sichtbarkeit erscheinen sie in 65° Abstand vom Zentralmeridian [*19*]. Meist hat man sich begnügt, die Umrisse der Fackelgebiete zeichnerisch festzulegen, wie es z. B. in den Züricher Heliographischen Übersichtskarten geschieht. Fackelflächen werden in den Greenwich Photoheliographic Results (s. oben) regelmäßig veröffentlicht. Den chromosphärischen Fackeln wurde lange Zeit große Bedeutung beigemessen. Zur Charakterisierung der Fackelhäufigkeit wurden *Charakterzahlen* von 0 bis 5 eingeführt. Zur Eichung der Skala dient eine Serie von Normalspektroheliogrammen [*4*], die allen beteiligten Observatorien zur Verfügung stehen. Die endgültige Charakterzahl, die auf eine Dezimale nach dem Komma angegeben

wird, stellt stets das Mittel von mehreren Beobachtungen dar. Beobachtungsserien sind von 1917 bis 1944 im *Quarterly Bulletin on Solar Activity* veröffentlicht. Die Beobachtungen werden weitergeführt, und die Ergebnisse können bei Bedarf von der Eidgenössischen Sternwarte Zürich zur Verfügung gestellt werden. Neuerdings veröffentlicht die Sternwarte Tokyo in einem eigenen Bulletin wieder Charakterzahlen der Kalziumflocculi ab 1949. Im Sonnenzirkular des Fraunhofer-Instituts werden Fackelgebiete genau wie Fleckengruppen behandelt. Für jedes zusammenhängende Fackelgebiet, gleichgültig ob in Verbindung mit Fleckengruppen oder nicht, werden tägliche Fackelstärken im integralen Licht, im monochromatischen Licht des Wasserstoffs und des ionisierten Kalziums gegeben. Nach Ausdehnung und Intensität werden dabei die Fackeln in 10 Stufen (0 bis 9) eingeteilt.

Eine Verbesserung der Beobachtungen scheint wünschenswert, da die Fackeln ein wichtiges Charakteristikum der Sonnenaktivität darstellen. Vor allem wäre eine saubere Photometrie der Fackelintensitäten anzustreben.

Eruptionen.

Die Eruptionen sind die markanteste Äußerung der Sonnenaktivität; die mit ihrem Auftreten verbundene Emission von UV- bzw. Röntgenstrahlung, von Radiofrequenzstrahlung, von Korpuskularstrahlung mit Teilchengeschwindigkeiten von rund 2000 km/sec und von Ultrastrahlungsteilchen mit Energien von einigen 10^9 eV ruft zahlreiche terrestrische Wirkungen hervor. Der sichtbare Effekt, die plötzliche Aufhellung eines Areals in einem Fackelfeld im Lichte von H_α oder anderer FRAUNHOFER-Linien ist im Vergleich zu diesen Wirkungen verhältnismäßig gering. Infolge ihrer Kurzlebigkeit (mittlere Lebensdauer etwa 0,2 bis 1 Std) stellen die Eruptionen an die Kontinuität der Überwachung besonders hohe Ansprüche. Die Überwachung erfolgt teils durch visuelle Beobachtung am Okular eines Spektrohelioskops, teils durch Reihenaufnahmen am Spektroheliographen (Fig. 5). Dabei sind den einzelnen Observatorien bestimmte Weltzeitstunden für die Beobachtung zugeteilt. Obwohl jetzt etwa 20 Observatorien an der Überwachung beteiligt sind, ist sie noch mit erheblichen Lücken behaftet, so daß im Mittel kaum die Hälfte aller auftretenden Eruptionen erfaßt wird. Da die an der Überwachung teilnehmenden Observatorien fast alle auf der Nordhalbkugel liegen, geht in den Wintermonaten die Überwachungsdauer auf etwa 30% herab. Fig. 6 zeigt die jahreszeitliche Verteilung des Prozentsatzes von Beobachtungsstunden für die 5 Jahre 1939, 1940, 1947, 1948 und 1949, für die diese Angaben im Quarterly Bulletin on Solar Activity publiziert sind. Auch die einzelnen Tagesstunden sind ziemlich ungleichmäßig vertreten, namentlich in den Wintermonaten. *Eine praktisch lückenlose Überwachung auf Eruptionen wird erst möglich sein, wenn weitere Observatorien auf der Südhalbkugel mitwirken können und wenn die Überwachung weitgehend automatisiert ist.*

Da die schwächsten Eruptionen sich bei Beobachtung am Spektrohelioskop in H_α kaum von hellen Fackeln unterscheiden, kommt der *Unterscheidung von Fackeln und Eruptionen* eine besondere Bedeutung zu. Die Auffassungen der verschiedenen Observatorien weichen hier offenbar merklich voneinander ab. Die folgende Aufstellung (Tab. 2) nach L. D'AZAMBUJA (vgl. [5]) zeigt für einige Observatorien die Zahl der im Jahre 1947 je Beobachtungsstunde im Mittel gefundenen Eruptionen.

Tab. 2. *Zahl der Eruptionen je Beobachtungsstunde.*

Arcetri-Firenze	(Italien)	4,6
McMath-Hulbert	(USA.)	2,8
Cambridge	(Großbritannien)	1,0
Muswell Hill	(Großbritannien)	0,70
Zürich	(Schweiz)	0,55
Meudon	(Frankreich)	0,40
Sherborne	(Großbritannien)	0,30
Greenwich	(Großbritannien)	0,26
Kodaikanal	(Indien)	0,26
Mt. Wilson	(USA.)	0,04

Bis zum Jahre 1948 wurden Eruptionen nach Größe und Intensität in einer dreistufigen Skala geschätzt. Diese Unterteilung war im allgemeinen zu grob, deshalb wurden vielfach Zwischenstufen (1^-, 1, 1^+ usw.) eingeführt, jedoch ergab sich auch damit nur eine unbefriedigende Übereinstimmung der Schätzergebnisse zwischen verschiedenen Beobachtern.

Die mittleren Flächen der Eruptionen der Klassen 1, 2, 3 liegen beispielsweise bei $2 \cdot 10^{-4}$, $5 \cdot 10^{-4}$, $5 \cdot 10^{-3}$

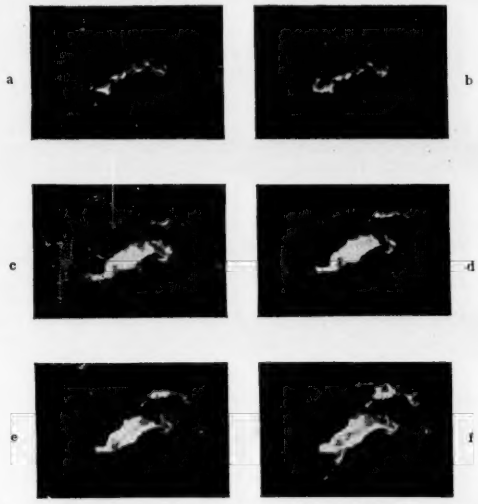


Fig. 5. Serienaufnahme der großen Eruption 1946 Juli 26 im Lichte der Wasserstofflinie H_α (Fraunhofer-Institut).
a: $16^h 10^{min}$, b: $16^h 15^{min}$, c: $16^h 40^{min}$
d: $16^h 50^{min}$, e: $17^h 08^{min}$, f: $17^h 32^{min}$ Weltzeit.

der Fläche der Sonnenscheibe, ihre mittleren Gesamtintensitäten dürften etwa $6 \cdot 10^{-4}$, $3 \cdot 10^{3}$, $5 \cdot 10^{2}$ der Helligkeit der ganzen Sonnenscheibe im H_α-Licht bei 0,5 Å Halbwertsbreite um das Zentrum von H_α betragen.

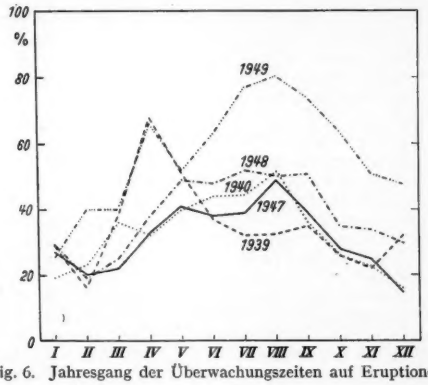


Fig. 6. Jahresgang der Überwachungszeiten auf Eruptionen.

Um alle Eruptionsbeobachtungen in eine einheitliche Skala zu bringen, wird nach einer von der Internationalen Astronomischen Union (I.A.U.) im Jahre 1948 getroffenen Vereinbarung ab 1949 von allen am Eruptionsüberwachungsprogramm beteiligten Observatorien bei jeder Eruption die maximale Breite der Wasserstoffemissionslinie H_α gemessen, die ein besseres Maß darstellt. Bei den helleren Eruptionen besteht ein enger Zusammenhang zwischen Linienbreite und Intensität.

Die Tatsache, daß mit vielen Eruptionen das Auftreten eines *Dämpfungsschwundes* (MÖGEL-DELLINGER-Effekt) bei Kurzwellenübertragungen mit Ionosphärenreflexion auf der sonnenbeschienenen Seite der Erde verbunden ist, hat zu dem Vorschlag geführt, diesen Effekt als *Eruptionsindikator* zu verwenden. Am einfachsten geschieht das durch Registrierung der atmosphärischen Störungen auf Längstwellen (z. B. 27 kHz), da das Auftreten einer ionosphärischen *D*-Schicht zu einer Vergrößerung

des Einzugsbereiches der registrierten „atmospherics" führt [6], [7]. Es wäre aber äußerst bedenklich, sich auf die Beobachtung derjenigen Eruptionen beschränken zu wollen, die von einem derartigen Eruptionenindikator angezeigt werden. Da man zwar fast jedem Dämpfungsschwund eine Eruption zuordnen kann, aber nicht umgekehrt jeder Eruption einen ionosphärischen Effekt, so ist es äußerst wichtig, möglichst alle Eruptionen auf der Sonne zu erfassen, um mit der Zeit zu einem Kriterium zu gelangen, welche Eruptionen terrestrische Effekte zeigen und bei welchen dies nicht der Fall ist.

Statistische Untersuchungen von Eruptionen sind von M. Waldmeier ausgeführt worden [8]. Danach treten in einer großen Fleckengruppe im Mittel etwa 40 Eruptionen auf, die meisten 7 bis 12 Tage nach dem Entstehen der Gruppe. In einer „alten" Gruppe kommen kaum noch Eruptionen vor. In Fig. 7 sind die Zahlen der seit Beginn der Überwachung auf Eruptionen je Rotation beobachteten Eruptionen dargestellt. Für die 5 Jahre, in denen die Überwachungsstunden publiziert sind, wurden daraus die Gesamtzahlen der Eruptionen durch Multiplikation mit der reziproken prozentualen Beobachtungszeit (Fig. 6) individuell erhalten, bei den anderen Jahren erfolgte die Reduktion mit Hilfe des Mittels der Kurven

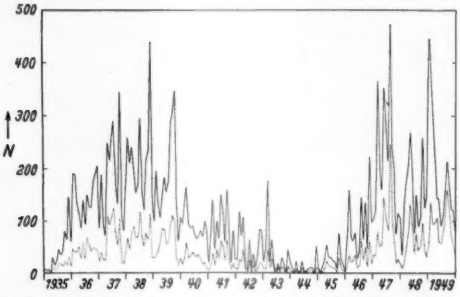


Fig. 7. Beobachtete (. . . . .) und auf 24 Std tägliche Beobachtungszeit reduzierte (————) Anzahl von Eruptionen je Sonnenrotation 1935 bis 1949.

für 1939, 1940, 1947 und 1948[1]). Die Eruptionshäufigkeiten laufen den Relativzahlen recht gut parallel. Im Fleckenmaximum treten Eruptionshäufigkeiten von mehr als 300 je Rotation oder 0,5 je Stunde auf, während im Minimum ihre Zahl fast auf Null zurückgeht.

Protuberanzen und Filamente.

Unter Protuberanzen und Filamenten versteht man Wolken ionisierter Materie oberhalb der Chromosphäre, die zum Teil durch Auswurf aus der Chromosphäre, zum Teil durch Kondensation in der Korona entstanden sind. Am Sonnenrande beobachtet man die Erscheinung in Emission als Protuberanz, im monochromatischen Bild der Sonnenscheibe in Absorption als Filament. Die laufende Überwachung begann im Jahre 1887 in Zürich (Protuberanzen) und im Jahre 1919 in Meudon (Filamente). Obwohl Filamente und Protuberanzen nur verschiedene Erscheinungsformen ein und desselben Phänomens darstellen, ging die Beobachtung meist vollkommen unabhängig voneinander vonstatten. Auf diese Weise sind auch interessante Zusammenhänge zwischen beiden noch nicht ausreichend geklärt. So besteht offenbar zwischen der Intensität, die ein Gebilde als Protuberanz am Sonnenrande und als Filament auf der Sonnenscheibe hat, keine eindeutige Beziehung.

Die Beobachtungen der Protuberanzen geschahen ursprünglich mit dem *Protuberanzenspektroskop*. Der Spalt eines stark dispergierenden Spektroskopes wird in der Brennebene eines Fernrohres tangential an den Sonnenrand geführt. Beobachtet wird dann an der Stelle einer Protuberanz eine Emission in H_α oder einer anderen Protuberanzenlinie, die sich dem Streulichtspektrum überlagert. Öffnet man nun den Spalt bis auf etwa 1 mm Spaltweite, so werden die wirklichen Konturen der Protuberanz, jedoch verfälscht durch Radialgeschwindigkeitseffekte, sichtbar. Das atmosphärische Streulicht, dessen Spektrum beim Öffnen des Eintrittsspaltes an Intensität zunimmt, begrenzt diese mühsame Beobachtungsmethode auf kleinere Protuberanzen. Große müssen in Teilen beobachtet werden. Eine erhebliche Verbesserung brachte das Spektrohelioskop. Auch hier erscheinen bei nicht zu engem Eintrittsspalt die Protuberanzen am Sonnenrande gut sichtbar, und es läßt sich ein großer Teil des Sonnenrandes zugleich überblicken. Die Verfälschung der wahren Form durch Radialgeschwindigkeitseffekte kann hierbei zu einer einfachen Methode der Bestimmung der Radialgeschwindigkeit jedes einzelnen Bildelementes herangezogen werden. Einen weiteren, ganz entscheidenden Fortschritt brachte die Beobachtung der Protuberanzen am Koronographen mit einem *Polarisations-Interferenzfilter* [16]. Die Bildhelligkeit ist dabei so groß, daß bei photographischen Aufnahmen Belichtungszeiten von $^1/_{10}$ bis $^1/_{50}$ sec ausreichen und sich daher die Bewegungsvorgänge in den Protuberanzen im Film festhalten lassen. Bei nicht zu engem Durchlaßbereich des Filters (man verwendet meist 4- bis 5gliedrige Interferenzfilter von etwa 20 Å Halbwertsbreite) wird die Form nicht durch die Radialgeschwindigkeit verfälscht.

Die älteren Protuberanzenbeobachtungen beschränkten sich meist auf Angabe des Positionswinkels der Erscheinung, in seltenen Fällen wurde eine kurze Beschreibung gegeben. Die längste zusammenhängende Reihe stellen die Züricher Beobachtungen der *Protuberanzenprofilflächen* dar (1910 bis 1939). Im Abstand von 5° zu 5° im Positionswinkel wurden die Flächen der Protuberanzen gemessen. Als Flächeneinheit diente dabei ein Rechteck von der Breite von 1° des Positionswinkels und der Höhe von 1″ (geozentrisch). Mit der Einführung des Monochromatfilters und der damit erschlossenen Vielfalt an Einzelheiten der Protuberanzenstruktur ging das Interesse an der laufenden statistischen Überwachung in der bisherigen Weise etwas verloren.

Filamente auf der Sonnenscheibe werden im Spektrohelioskop oder auf Spektroheliogrammen beobachtet. Das wesentliche ist hierbei die Darstellungsform der Beobachtungsergebnisse, auf die unten (Synoptische Darstellung) näher eingegangen werden soll. Eine allgemeine Übersicht über die Häufigkeit von Filamenten geben die *Charakterzahlen der dunklen H_α-Flocculi* (Filamente) im Quarterly Bulletin on Solar Activity (bis 1944). Sie berücksichtigen jedoch nicht die Verteilung der Filamente auf der Sonnenscheibe. Sehr ausführliche Angaben über Lage, Größe und Bewegung der Filamente sind in den Katalogen und graphischen Darstellungen der Cartes Synoptiques von Meudon (seit 1919) enthalten (neuerdings von Mme. d'Azambuja in der Zeitschrift L'Astronomie veröffentlicht). Ebenso gibt das Sonnenzirkular des Fraunhofer-Instituts Rotationsübersichtskarten. Eine zusammenfassende Diskussion der Protuberanzenerscheinungen wurde von L. d'Azambuja [20] gegeben.

Ein recht zuverlässiges Maß für die Filamenthäufigkeit wäre die *Gesamtlänge aller beobachteten Filamente* in Kilometern (vgl. [20]). Um auch noch die Breitenverteilung zu dokumentieren, wäre es günstiger, die Sonnenscheibe in einzelne Breitenzonen aufzuteilen und die Gesamtlänge in Einheiten des Sonnenumfanges in der jeweiligen Zone auszudrücken. Diese relativen Filamentlängen sind dann proportional der wirklichen Flächenbedeckung mit Filamenten. Eine entsprechende Darstellung findet sich in Fig. 13.

Korona.

Die regelmäßige Überwachung der Sonnenkorona wurde durch die Konstruktion des *Koronographen* von Lyot [9] ermöglicht. Der Korona überlagert sich bei der Beobachtung außerhalb totaler Sonnenfinsternisse stets ein großer Teil von solarem Streulicht in der Erdatmosphäre und im Instrument, dessen Intensität die der Korona um ein Vielfaches übertrifft. Das Hauptproblem liegt in der Ausschaltung des *instrumentellen* und des *atmosphärischen Streulichtes*. Das instrumentelle Streulicht wird durch die besondere Bauart des Koronographen weitgehend unterdrückt. Das atmosphärische Streulicht kann nur durch Aufstellung des Instrumentes im Hochgebirge oberhalb der Dunstgrenze herabgesetzt werden. Aber auch dann beträgt seine Flächenhelligkeit noch 10 bis $100 \cdot 10^{-6}$ der Flächenhelligkeit der Sonnen-

[1]) Für die Bearbeitung des im Quarterly Bulletin veröffentlichten Materials über Eruptionen sind wir Herrn stud. math. U. Haug zu Dank verpflichtet.

scheibe, während die Intensität der Korona unmittelbar am Sonnenrand nur etwa 10^{-6} erreicht. Die Trennung von Korona und Streulicht ist dann nur durch die *Messung des Polarisationsgrades* möglich. Da das weiße Koronalicht am Sonnenrande zu mindestens 10 % linear polarisiert, das atmosphärische Streulicht an der gleichen Stelle dagegen unpolarisiert ist, läuft das darauf hinaus, einen Polarisationsgrad von 0,1 % mit ausreichender Genauigkeit zu messen. Die dafür entwickelten visuellen (LYOT) und lichtelektrischen Methoden [*10*] werden aber noch nicht für eine laufende Überwachung benutzt. Die Beobachtung des Streulichtes der Koronaelektronen ist daher vorläufig im wesentlichen auf Sonnenfinsternisse beschränkt.

Einzelne *Emissionslinien der Korona* erreichen jedoch nahe am Sonnenrand Intensitäten, die das atmosphärische Streulicht in einem engen Spektralbereich um ein mehrfaches übertreffen. Vor allem die grüne Linie des Fe XIV bei 5303 Å hat sich wegen ihrer Intensität und günstigen Lage im Spektrum als besonders geeignet zur laufenden Überwachung erwiesen. Daneben liegen auch Beobachtungen der Fe X-Linie 6374 Å vor und vereinzelte Beobachtungen der Ca XV-Linie 5694 Å. Zur Beobachtung wird der Eintrittsspalt eines Spektrographen unmittelbar an den Rand der Zentralblende gebracht, die das fokale Bild der Sonnenscheibe im Koronographen abdeckt. Die Korona kann dann im Abstande von etwa 30″ bis 60″ vom Sonnenrand beobachtet werden. Im Spektrographen erscheint die Emissionslinie dem Streulichtspektrum überlagert, und ihre Intensität wird (meist visuell) gemessen oder geschätzt.

Auf diese Weise beobachten heute folgende Stationen:

1. Pic du Midi, seit 1931,
2. Arosa, seit 1939,
3. Wendelstein, seit 1943,
4. Climax, seit 1946,
5. Kanzelhöhe, seit 1948.

Die Beobachtungen dieser Stationen werden seit 1947 im Quarterly Bulletin on Solar Activity veröffentlicht. Ein Koronograph auf der Zugspitze war 1943—1944 in Betrieb, zwei weitere Koronographen in USA und Japan haben ihre Beobachtungen begonnen. Längere Meßreihen liegen davon noch nicht vor.

Die bisherigen Ergebnisse lassen die charakteristischen Merkmale der Entwicklung der grünen Korona im 11jährigen Zyklus erkennen. So zeigt Fig. 8 eine Entwicklungskarte der Intensität der grünen Koronalinie in Isophotendarstellung für die Zeit von 1943 Februar bis 1950 August. Die Darstellung stützt sich auf die Beobachtungen der ehemals zum Fraunhofer-Institut gehörenden Stationen Wendelstein, Zugspitze und Kanzelhöhe. Die Schichtlinien verbinden gleiche Intensitäten. Jeder senkrechte Schnitt gibt die mittlere Verteilung der Koronaintensität in heliographischer Breite zu einem bestimmten Zeitpunkt. Als starke Kurven sind die koronalen Aktivitätszonen nach WALDMEIER [*17*], [*18*] eingetragen. Während die äquatoriale Zone, die mit der Hauptfleckenzone übereinstimmt, deutlich ausgeprägt erscheint, ist die polare Zone, die im Fleckenmaximum verschwindet, in dem vorliegenden Material kaum angedeutet. Als Vergleich stellt die untere Kurve die Züricher Fleckenrelativzahlen, über 3 Rotationen gleitend gemittelt, dar. Man erkennt deutlich, daß das Maximum der Koronaintensität später liegt als das Maximum der Fleckenhäufigkeit.

Die bisherigen Koronabeobachtungen zeigen noch zahlreiche Mängel, auf die etwas näher eingegangen werden soll. Zwischen den Einzelbeobachtungen zweier Stationen am gleichen Tage ist die Übereinstimmung nicht sonderlich gut. Fig. 9 zeigt für einen der wenigen Tage,

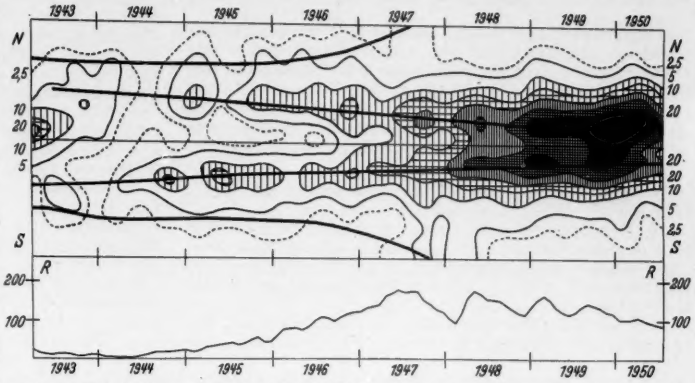


Fig. 8. Entwicklungskarte der Intensität der grünen Koronalinie 1943 bis 1950. Zum Vergleich sind die Züricher Fleckenrelativzahlen R im gleichen Zeitraum dargestellt.

an dem Beobachtungen aller 5 Stationen vorliegen (1948 Juni 6), den Vergleich der individuellen Meßwerte zwischen je 2 Stationen. Jeder Punkt entspricht der Einzelmessung bzw. Schätzung der Koronaintensität an der gleichen Stelle des Sonnenrandes. Das letzte Feld zeigt

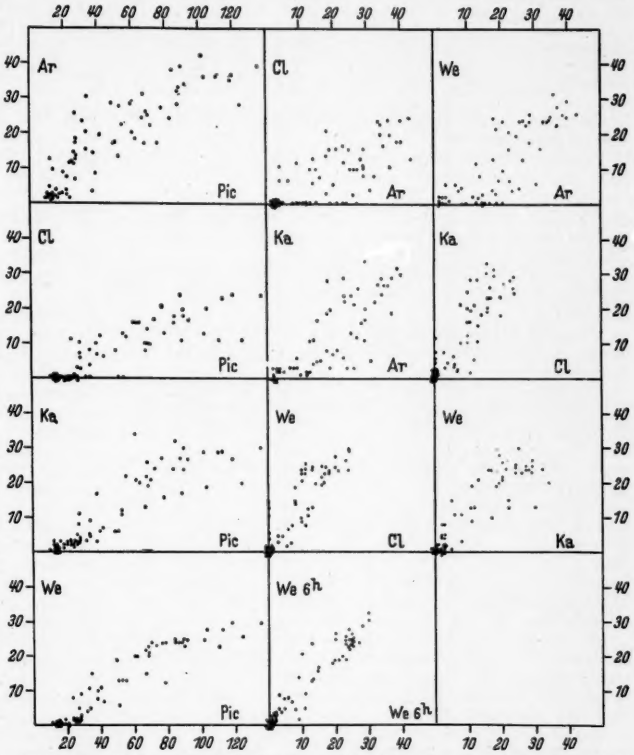


Fig. 9. Vergleich der individuellen Koronabeobachtungen der einzelnen Stationen untereinander, 1948 Juni 6. (Ar = Arosa; Cl = Climax; Ka = Kanzelhöhe; Pic = Pic du Midi; We = Wendelstein.)

den Vergleich zweier Meßreihen des Wendelsteins am gleichen Tage, aber zu verschiedenen Tageszeiten (6^h und 16^h). Die Streuung gibt eine Vorstellung von der großen Unsicherheit einer einzelnen Koronaintensitätsangabe. Die Intensitätszahlen zeigen darüber hinaus systematische Unterschiede. Bezogen auf die Meßwerte des Pic du Midi, die wahrscheinlich einer linearen Intensitätsskala noch

am ehesten entsprechen, ergibt sich für die Werte I aller anderen Stationen eine logarithmische Darstellung von der Form

$$I = a\,(\log I_{\mathrm{Pic}})^n - b\,.$$

Die Konstanten a, b, n, sind für jede Station verschieden, für Arosa ist $n < 1$, für alle anderen Stationen $n = 1$. Diese Formulierung gilt jedoch nur im Mittel. In Wirklichkeit unterliegen die Größen a, b, n ganz erheblichen zeitlichen Schwankungen, die man aber nicht eindeutig einer bestimmten Station zuschreiben kann. Wahrscheinlich sind sie bedingt durch jahreszeitliche Schwankungen der Beobachtungsbedingungen.

Die Ursachen für die Unstimmigkeiten sind mannigfacher Art:

1. Die *Beobachtungsmethoden* sind auf den einzelnen Stationen recht verschieden und in fast allen Fällen mehr oder weniger subjektiv. Auch zwischen einzelnen Beobachtern der gleichen Station bestehen oft erhebliche Unterschiede.

Pic du Midi: Gemessen wird mit radialem Spalt, die Intensität der Koronalinie wird an der Basis, d.h. am Sonnenrande durch Vergleich mit einer Normallichtquelle visuell gemessen.

Tabelle 3. *Zahl der Beobachtungstage im Monat.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1948
Arosa	10	7	12	11	8	11	10	12	22	0	0	0	103
Climax	8	4	2	4	14	24	28	22	14	21	8	8	157
Kanzelhöhe . . .	0	4	14	8	10	9	13	18	14	13	6	1	110
Pic du Midi . . .	0	5	11	8	1	7	8	20	15	9	13	16	113
Wendelstein . .	8	6	13	10	17	12	14	11	17	14	12	16	150
Ohne Beobachtung	15	11	3	11	6	2	2	1	2	6	7	5	71
1 Station	10	10	16	7	11	5	10	6	4	7	12	12	110
2 Stationen . . .	2	8	2	6	6	13	8	8	5	8	6	13	85
3 Stationen . . .	4	0	8	2	5	9	1	7	10	6	5	1	58
4 Stationen . . .	0	0	2	4	3	0	6	5	7	4	0	0	31
5 Stationen . . .	0	0	0	0	0	1	4	4	2	0	0	0	11

Arosa: Tangentialer Spalt, die Intensität wird in einer 50stufigen Gedächtnisskala geschätzt, Kontrolle der Skala durch visuellen Vergleich mit einer Normallichtquelle. Die Reihe zeichnet sich durch besondere Homogenität aus, da alle Beobachtungen von einem Beobachter (M. Waldmeier) stammen.

Wendelstein: Tangentialer Spalt, 50stufige Gedächtnisskala, Kontrolle der Skala durch Vergleich mit einer Normallichtquelle.

Kanzelhöhe: Tangentialer Spalt, 50stufige Gedächtnisskala, Kontrolle der Skala durch Vergleich mit der Wendelstein-Skala.

Climax: Photographie des Spektrums mit gekrümmtem Spalt in verschiedenen Segmenten um den Sonnenrand, Schwärzungsschätzung auf der photographischen Platte.

2. Der *Einfluß* des oft während eines Meßsatzes wechselnden *Streulichtes* verfälscht vielfach in unkontrollierbarer Weise das Ergebnis. Besonders empfindlich sind reine Schätzmethoden, wo die Messung praktisch stets auf einen Vergleich mit der Intensität des benachbarten Teiles des Streulichtspektrums hinausläuft. Fortlaufende Streulichtmessungen wurden nicht von allen Stationen durchgeführt und bisher in keinem Falle veröffentlicht.

3. Die genaue Zentrierung des Sonnenbildes auf das abblendende Diaphragma bereitet große Schwierigkeiten. Durch fehlerhafte Zentrierung ändert sich aber der Abstand vom Sonnenrand. Abgesehen vom Intensitätsabfall der Korona mit wachsendem Abstand vom Sonnenrand ändert sich dadurch auch die Intensität des Streulichtes und damit sein Einfluß auf die Messung.

Zur *Vereinheitlichung der Koronamessungen*, sowie um ihre Sicherheit zu steigern, sollte daher an allen Stationen die Erfüllung folgender Forderungen angestrebt werden:

1. Die bisherigen Schätzungen in einer Gedächtnisskala müssen durch ein rasch arbeitendes, objektives, möglichst lichtelektrisches Verfahren ersetzt werden, das das atmosphärische Streulicht kompensiert.

2. Wenn aus Gründen einer raschen Durchmusterung die Schätzmethode beibehalten wird, so sollte auf jeden Fall eine ständige Kontrolle der Skala durch absolute Eichung in ihrem ganzen Bereich durchgeführt und deren Abhängigkeit vom atmosphärischen Streulicht laufend untersucht werden.

3. Das atmosphärische Streulicht muß vor und nach jeder Meßreihe bestimmt werden. Auch wenn die Beobachtungsmethode im Prinzip ein vom Streulicht unabhängiges Ergebnis liefert, sollte darauf nicht verzichtet werden.

4. Meßergebnisse sollten nur noch veröffentlicht werden, wenn sie von Einflüssen des Streulichtes und Eigentümlichkeiten der individuellen Skala befreit sind. Als Intensitätseinheit wäre nach dem Vorbild des Pic du Midi zweckmäßig 10^{-6} der Intensität eines Streifens gleicher Wellenlänge von 1 Å Breite des Spektrums der Sonnenmitte zu wählen.

Anscheinend kommt ein neues von Lyot [*11*] in Meudon entwickeltes lichtelektrisches Verfahren diesen Forderungen weit entgegen. Durch ein abgewandeltes Interferenzfilter wird die grüne Koronalinie mit zwei beiderseitig unmittelbar benachbarten Stellen des Spektrums in raschem Wechsel verglichen. Das atmosphärische Streulicht spielt dabei eine ganz untergeordnete Rolle und setzt erst bei Intensitäten von $5 \cdot 10^{-3}$ die Genauigkeit der Messung herab, ohne sie aber systematisch zu verfälschen. Welche Bedeutung dieses Verfahren für die laufende Sonnenüberwachung haben wird, müssen erst längere Beobachtungsreihen zeigen. Vielleicht sind dann keine Hochgebirgsstationen mehr nötig, was vor allem in den Wintermonaten von großem Vorteil wäre.

Zur *lückenlosen Überwachung der Korona* ist die Zahl der eingesetzten Koronographen noch zu gering. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die monatlichen Beobachtungstage der einzelnen Stationen im Jahre 1948, sowie die Zahl der Tage mit 0 bis 5 simultanen Beobachtungen.

Dabei sind auch alle unsicheren Beobachtungen mit enthalten. Bei der großen Unsicherheit einer einzelnen Koronamessung können nur Tage mit Beobachtungen von mindestens 2 Stationen als brauchbar gelten; dann fallen aber noch rund 50% aller Tage des Jahres aus. Besonders in den Wintermonaten häufen sich die Beobachtungslücken, da alle Koronographen auf der Nordhalbkugel der Erde aufgestellt sind. *Eine lückenlose Beobachtung könnte erst durch die dreifache Anzahl von Koronographen, die gleichmäßig auf beide Hemisphären verteilt sind, erreicht werden.*

Beobachtung der Sonnenstrahlung im Radiofrequenzbereich.

Seit der Entdeckung, daß die Sonne im Bereich der Zentimeter- bis Meterwellen eine mehr oder weniger stark *variable nichtthermische Strahlung* emittiert, die sich einer *konstanten Temperaturstrahlung* der Korona und Chromosphäre überlagert, sind an verschiedenen Observatorien in Australien, England, Frankreich, Kanada und USA laufende Registrierungen der einfallenden Intensität bei festen Frequenzen durchgeführt worden. Die Zahl der registrierten Frequenzen hat sich in den letzten Jahren ständig vergrößert, im Quarterly Bulletin Oktober bis Dezember 1949 wurden Tagesmittel für die Frequenzen 62, 80, 97, 158, 175, 200, 600, 1200 und 2800 MHz mitgeteilt sowie Angaben über Polarisation und über kurzzeitig auftretende hohe Intensitäten (Outstanding occurences). Eine weitere Verdichtung der Frequenzen und der Beobachtungsstationen ist aber dringend erwünscht, damit eine nach Beobachtungszeiten und Frequenzbereichen hinreichend dichte Überwachung erzielt wird. Da die Wettereinflüsse auf die Registrierung des Sonnenrauschens sehr gering sind, wäre durch internationale Zusammenarbeit eine praktisch lückenlose Beobachtung der Sonnentätigkeit durch radioastronomische Messungen möglich.

Mit den verschiedenen Frequenzen erfaßt man verschiedene Höhenbereiche oberhalb der Photosphäre. Bei Wellenlängen größer als etwa 0,5 m kommt die Strahlung ausschließlich aus der Korona; sie zeigt im Meterwellengebiet wenig Beziehungen zu den einzelnen Äußerungen der Sonnenaktivität in der Photosphäre und Chromosphäre, wenn auch der allgemeine Verlauf der mittleren Intensität und die Häufigkeit einzelner Spitzen in den Registrierungen dem Fleckenzyklus entsprechen. Durchgänge großer Fleckengruppen durch den Zentralmeridian

und Eruptionen machen sich bei den Registrierungen im Meterwellengebiet im allgemeinen durch starke Intensitätsanstiege bemerkbar; bei den größten Eruptionen kann die Intensität für kurze Zeit das Millionenfache des Wertes bei ruhiger Sonne erreichen.

Die Verhältnisse im Meterwellenbereich sind gekennzeichnet durch eine starke Variabilität, wobei der Verlauf bereits bei dicht benachbarten Frequenzen völlig verschieden sein kann [*13*]. Gelegentlich kommt es auch vor, daß eine Störung sich von unten nach oben in der Korona ausbreitet und sich daher zuerst bei den höheren, dann bei den niedrigeren Frequenzen bemerkbar macht. Die Formen der zeitlichen Schwankung der Intensität sind äußerst mannigfaltig, man findet neben vereinzelten Spitzen von Sekundendauer über einem fast konstanten Rauschpegel z. B. auch Gruppen von Spitzen, einen mehr oder weniger stark schwankenden Rauschpegel mit und ohne überlagerte Spitzen, große minutenlang dauernde Ausbrüche und andere Kombinationen. Die Meterwellenstrahlung ist meist zirkular polarisiert.

Bei Wellenlängen unterhalb von 10 cm kommt die Strahlung praktisch ausschließlich aus der oberen Chromosphäre; aber schon im Bereich von 10 bis 50 cm, zu dem hauptsächlich die innersten Koronaschichten beitragen, zeigt sich eine verhältnismäßig enge Korrelation zu den Fleckenrelativzahlen. Die Beziehung zwischen den Tagesmitteln der Rauschintensität und der Relativzahl scheint im allgemeinen um so enger zu werden, zu je kürzeren Wellenlängen man übergeht.

J. F. Denisse [*13*] findet aus Beobachtungen von Covington aus dem Jahre 1948 für die Tagesmittel der Rauschintensität bei 2800 MHz Korrelationskoeffizienten von +0,83 bei Benutzung der Relativzahlen als Vergleichsgröße, +0,87 bei Benutzung der Fleckenflächen und +0,90, wenn außerdem die zugehörigen Magnetfelder berücksichtigt werden. Die zeitlich variable Komponente der Dezimeterstrahlung kommt offenbar aus der Umgebung der Fleckengruppen, sei es infolge der höheren Temperatur der die Flecken begleitenden Fackelfelder, sei es infolge von Opazitätsvergrößerung in der untersten Korona durch Kondensationen oder durch die Magnetfelder der Flecken (Fig. 10). Für die Überwachung der Form der Sonnenaktivität, die mit den Fleckengruppen verbunden ist, ist daher die Wellenlänge 10 cm besonders gut geeignet; mit den Meterwellen erfaßt man dagegen Vorgänge in der Korona, die sich der Beobachtung im sichtbaren Spektralbereich einstweilen völlig entziehen.

Synoptische Darstellung der Beobachtungsergebnisse.

Die Vielzahl der Beobachtungsgrößen, die wir heute laufend erhalten, zwingt zu einer übersichtlichen und möglichst anschaulichen Darstellungsweise. Wenn auch eine Veröffentlichung der reinen Meßwerte in Tabellenform für zahlreiche weitere Untersuchungen, insbesondere solche statistischer Art, unumgänglich ist, so ermöglicht die geschickte graphische Darstellung einen raschen Überblick und erleichtert das Auffinden oder die Bestätigung von vermuteten Gesetzmäßigkeiten. Die Rotation der Sonne in rund 27 Tagen läßt uns täglich neue Gebiete ihrer Oberfläche am Ostrande erscheinen und andere am Westrande verschwinden. Fast alle Phänomene zeigen eine mehr oder weniger ausgeprägte *Sichtbarkeitsfunktion*. Die Korona kann bisher nur außerhalb des Sonnenrandes beobachtet werden, Flecken zeigen ein Sichtbarkeitsmaximum in der Mitte der Sonnenscheibe, photosphärische Fackeln im Abstand von 65° vom Zentralmeridian.

Die ersten *synoptischen Karten* stammen von der Züricher Sternwarte (Fig. 11 b). Sie enthalten die gesamte Sonnenoberfläche auf ein rechtwinkliges Netz abgebildet. Die Fleckengruppen werden jeweils im Stadium ihrer größten Entwicklung, das sie während der Dauer einer Sonnenrotation erreichen, eingezeichnet. Volle, ausgezeichnete Flecke stellen dabei Umbragebiete dar, Penumbragebiete sind durch einen ausgezogenen Linienzug im Umriß dargestellt. Die Bezifferung entspricht einer durchlaufenden Numerierung der Fleckengruppen innerhalb einer Rotation in der Reihenfolge ihres Durchganges durch den Zentralmeridian. Gestrichelte Kurven begrenzen das Gebiet, in dem im Laufe einer Rotation photosphärische Fackeln beobachtet wurden. Die Cartes Synoptiques von Meudon (Fig. 11 a) enthalten die Filamente in ihrer mittleren Form während einer Sonnenrotation, Veränderungen in diesem Zeitraum sind durch gestrichelte Grenzen eingetragen. Ziffern beschreiben die Anzahl der Rotationen, während welcher das Filament bereits sichtbar gewesen ist.

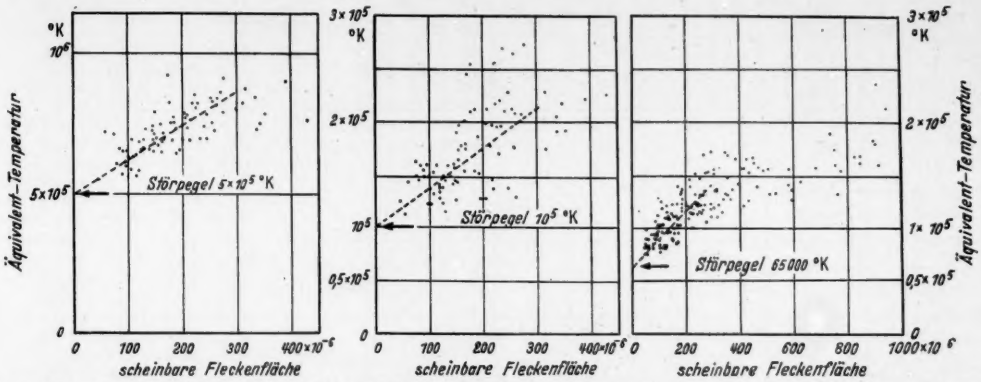


Fig. 10. Korrelationen zwischen Fleckenfläche und Dezimeterstrahlung der Sonne für 50, 25 und 10 cm Wellenlänge nach Pawsey und Yabsley [*16*]. Linkes Teilbild: $\lambda = 50$ cm, August bis November 1947. Mittleres Teilbild: $\lambda = 25$ cm, August bis November 1947. Rechtes Teilbild: $\lambda = 10{,}7$ cm, Februar bis Oktober 1947.

Das Problem der Vereinigung eines *räumlichen Nebeneinanders* und eines *zeitlichen Nacheinanders* wird in den synoptischen Karten des Fraunhofer-Instituts (Fig. 11 c) dadurch gelöst, daß alle eingezeichneten Phänomene die Lage, Form und Größe haben, die sie bei ihrem Durchgang durch den Zentralmeridian zeigten. Die Karten haben eine Abszissenteilung in Gradmaß, entsprechend den heliographischen Längen, und in Tagen, die den Zeitpunkt des Durchganges durch den Zentralmeridian angeben. Flecken sind dabei symbolisch als volle Kreise verschiedenen Durchmessers, photosphärische und chromosphärische Fackeln durch kleine offene Kreise an der Stelle ihres Schwerpunkts gezeichnet. Die Koronaintensität ist durch Isophoten dargestellt. Die Reduktion auf den Zentralmeridian geschieht durch Mittelung der Beobachtung 7 Tage vorher am Ost- und 7 Tage nachher am Westrand. Gebiete mit Koronaintensitäten >15 sind einfach, >25 gekreuzt schraffiert. Wo die Koronaisophoten infolge von Beobachtungslücken unsicher werden, sind sie gestrichelt gezeichnet.

Das Nebeneinanderbestehen dieser drei verschiedenen synoptischen Karten bedeutet keinen Nachteil, zumal sie in ihrem Inhalt wesentlich voneinander abweichen. Die Züricher Karten enthalten nur photosphärische Erscheinungen, in Meudon liegt der Schwerpunkt auf chromosphärischen Phänomenen, während am Fraunhofer-Institut versucht wird, einen Querschnitt durch die

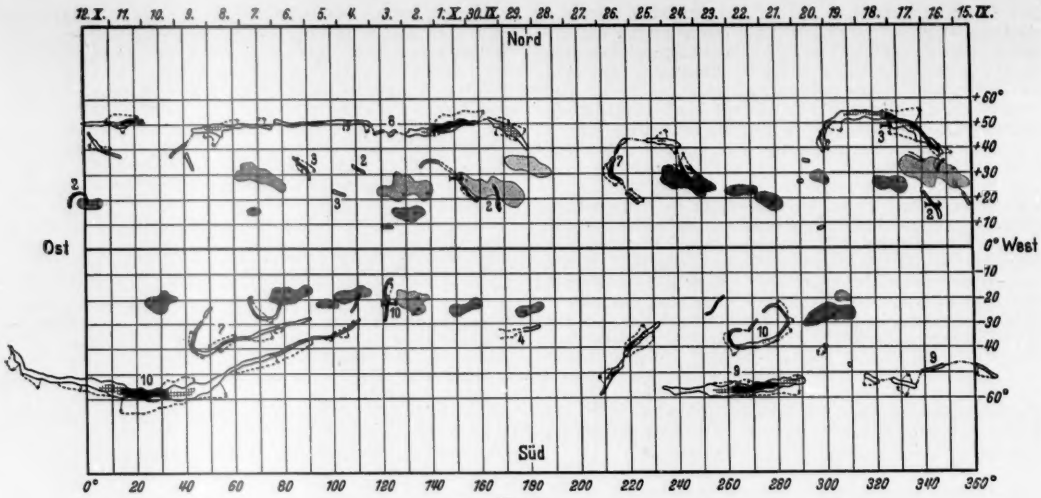


Fig. 11 a.

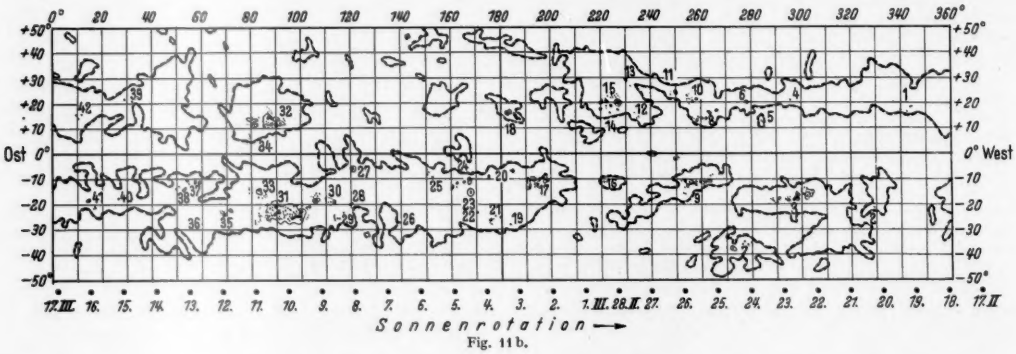


Fig. 11 b.

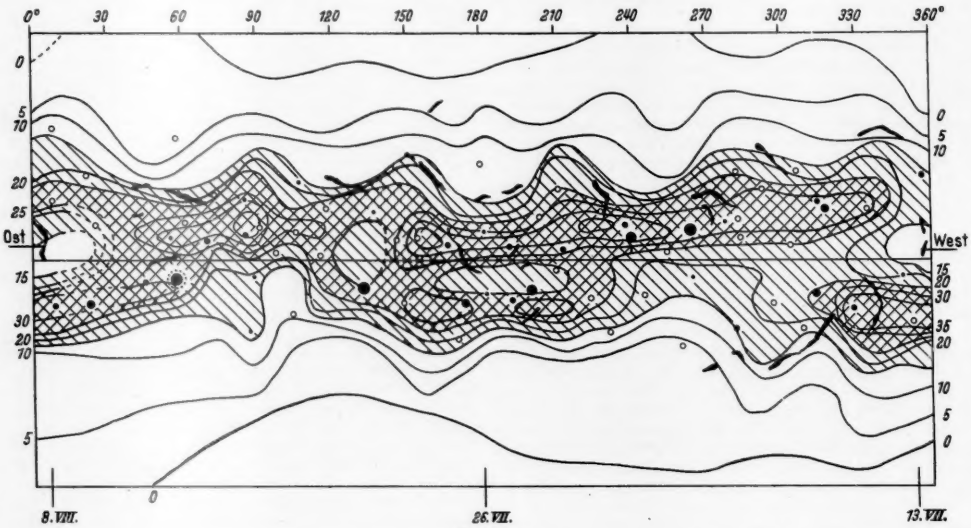


Fig. 11 c.

Fig. 11a—c. Beispiele synoptischer Karten. a Meudon, Rotation 1097 (CARRINGTON) 1935 September 15 bis Oktober 12; eingezeichnet sind Fleckengruppen durch kleine Kreise, chromosphärische Fackelgebiete nach 3 Intensitätsstufen durch verschieden gerasterte Flächen, Filamente nach 4 Intensitätsstufen und Begrenzungslinien, die die maximale Ortsveränderung während einer Rotation angeben. Starke Pfeile zeigen die Ortsveränderung seit der verflossenen Rotation. b Zürich, Rotation 1250 (CARRINGTON) 1947 Februar 18 bis März 17; eingezeichnet sind Fleckengruppen zur Zeit ihrer maximalen Entwicklung, photosphärische Fackelgebiete durch gestrichelte Umrißlinien. c Fraunhofer-Institut, Freiburg, Rotation 1603 (BARTELS) 1950 Juli 13 bis August 8; eingezeichnet sind Fleckengruppen durch volle Kreise verschiedener Größe, photosphärische und chromosphärische Fackelgebiete durch offene Kreise, chromosphärische Eruptionen durch punktierte Kreise, Filamente, Isophoten der „grünen" Korona (λ 5303 Å).

gleichzeitig in verschiedenen Höhenschichten sich abspielenden Vorgänge zu zeigen. Eine gemeinsame Darstellung aller solaren Erscheinungen in einer einzigen Karte stößt wegen der Vielzahl der Vorgänge auf große technische Schwierigkeiten. Es wäre jedoch von Vorteil, wenn man sich auf eine gemeinsame Rotationszählung einigen könnte, damit die einzelnen Karten bequem vergleichbar werden.

Einen Eindruck von der *täglichen Entwicklung der Fleckengruppen und Fackelgebiete* gibt eine Übersicht in der Art der Fig. 12. Hierbei ist der tägliche Anblick der Sonne zwischen $\pm 50°$ heliographischer Breite in schmalen Streifen dargestellt. Der Ordinatenmaßstab ist auf $^1/_{10}$ des Abszissenmaßstabes reduziert. Die untereinander liegenden Streifen zeigen dann jeweils den täglichen Anblick der Sonne. Infolge der Sonnenrotation ist jeder Streifen gegenüber dem vorangehenden um einen entsprechenden Betrag nach rechts verschoben.

Ein Beispiel für die *Darstellung der Erscheinungen über einen größeren Zeitraum* ist in Fig. 13 gezeigt. Die ersten 3 Punktfelder geben Übersichten über die Fleckentätigkeit, Koronaintensität und Filamenthäufigkeit in den Jahren 1946 bis 1950. Jede Zeile entspricht der 27 Tage-Reihe einer Sonnenrotation. Die Tage sind auf dem unteren und oberen Rande von rechts nach links, die einzelnen Rotationen am linken Rand von oben nach unten bezeichnet. Jedes Symbol repräsentiert einen Intensitätswert der entsprechenden Erscheinung in der Nähe des Zentralmeridians. Einzelheiten über die benützte Skala können dem Sonnenzirkular 1950 Dezember entnommen werden.

Das erste Punktfeld gibt für jeden Tag die Fleckenrelativzahl eines Streifens von $\pm 6°,67$ heliographischer Länge um den Zentralmeridian. Die Darstellung enthält also in jeder Zeile ein zeitliches Nacheinander im Abstand von je einem Tag. Wenn man von der zeitlichen Veränderung absieht, zeigt jede Zeile auch ein räumliches Nebeneinander in heliographischer Länge auf der Sonnenoberfläche. Senkrechte Spalten zeigen ein Nacheinander im Abstand von 27 Tagen. Jede einzelne Spalte entspricht dabei immer der gleichen heliographischen Länge. Diese Darstellung läßt nicht nur eine allgemeine 27tägige Wiederholungstendenz, sondern auch die Tendenz der Wiederholung in einzelnen Längenbereichen, d.h. eine Herdbildung, deutlich werden. Das zweite und dritte Punktfeld enthalten in derselben Weise Angaben für die Koronaintensität im Zentralmeridian und für die Filamenthäufigkeit in einem Streifen von $\pm 6°,67$ um den Zentralmeridian.

Diese Darstellung nimmt noch keine Rücksicht auf die Verteilung in heliographischer Breite. Die *mittlere Breitenverteilung* für jeweils fünf aufeinander folgende Sonnenrotationen im gleichen Zeitraum ist schließlich im vierten Feld dargestellt und bedarf keiner besonderen Erläuterung. Zur Entnahme von Maßstabswerten sei wiederum auf das Sonnenzirkular verwiesen.

Herrn Prof. L. D'Azambuja sind wir für wertvolle Hinweise sehr zu Dank verpflichtet.

Zusammenstellung der wichtigsten Publikationen, die Ergebnisse der Sonnenüberwachung laufend veröffentlichen.

1. *Quarterly Bulletin on Solar Activity* (früher Bulletin for Character Figures of Solar Phenomena), herausgegeben durch die Internationale Astronomische Union von der Eidgenössischen Sternwarte Zürich.

Tägliche Fleckenrelativzahlen, ganze Scheibe ab 1917, Zentralzone ab 1917 bis 1938. — Charakterzahlen für Kalziumflocculi, ganze Scheibe 1917 bis 1944, Zentralzone 1917 bis 1938. — Charakterzahlen für H_α-Flocculi, ganze Scheibe 1917 bis 1944, Zentralzone 1917 bis 1938. — Charakterzahlen für dunkle H_α-Flocculi (Filamente), ganze Scheibe 1917 bis 1944, Zentralzone 1917 bis 1938. — Chromosphärische Eruptionen ab 1934. — Chromosphärische Beobachtungszeiten 1939 bis 1941, ab 1947. — Aktivitätsgebiete ab 1935. — Korona λ 5303 Å und λ 6374 Å ab 1947. — Angaben über Meterstrahlung ab 1947, über Zentimeter- und Dezimeterstrahlung ab 1949.

2. *Cartes Synoptiques de la Chromosphère Solaire et Catalogue des Filaments de la Couche Supérieure*, herausgegeben vom Observatoire de Paris, Section d'Astrophysique de Meudon.

Rotationskarten der Sonne mit Form und Entwicklung der Filamente, Ausdehnung und Intensität der Fackelgebiete, Ort und ungefähre Größe der Fleckengruppen, Katalog der Filamente, ab 1919. 1951 erschienen als letztes Heft die Karten bis einschließlich 1944. Bis zur Fertigstellung der weiteren Hefte werden vorläufige synoptische Karten laufend in der Zeitschrift „L'Astronomie" veröffentlicht.

3. *Sonnenzirkular*, herausgegeben vom Fraunhofer-Institut Freiburg i. Br., ab 1949.

Fleckenrelativzahlen, ganze Scheibe und Zentralzone.

Chromosphärische Eruptionen (Observatorien Schauinsland, Wendelstein und Kanzelhöhe).

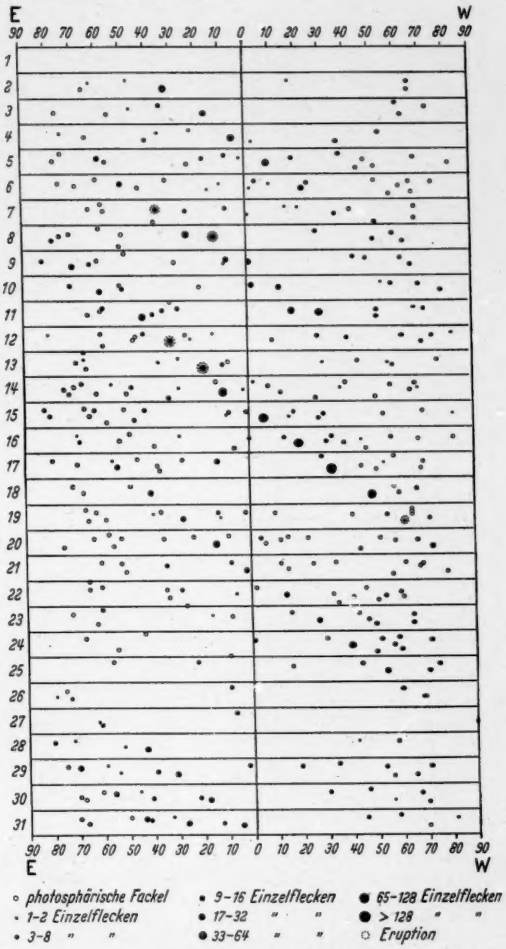


Fig. 12. Beispiel einer Fleckenentwicklungstafel aus dem Sonnenzirkular des Fraunhofer-Instituts.

Ausführliche Fleckenentwicklungstabelle mit Angaben über Position, Fleckentyp, Anzahl der Einzelflecke, Fackelstärken im integralen Licht, im monochromatischen Licht des Wasserstoffs und ionisierten Kalziums.

Graphische Darstellung der Fleckenentwicklung.

Intensität der grünen und roten Koronalinie.

Synoptische Karten, Grenzfrequenzen der Ionosphäre, ab 1. 5. 49.

Mögel-Dellinger-Effekte, ab 1. 5. 49.

Kosmische Ultrastrahlung, ab 1. 1. 50.

Erdmagnetische Kennziffern Kp, ab 1. 7. 50.

(Die im Sonnenzirkular mitgeteilten Sonnenbeobachtungen für 1946 bis 1948 wurden veröffentlicht in:

„Observations Solaires SPIM — O", herausgegeben vom Service de Prévision Ionospherique Marine, Freiburg.)

4. *Bulletin of Solar Phenomena*, herausgegeben vom Astronomical Observatory Tokyo, ab 1949.

Tägliche Relativzahlen, ganze Scheibe und Zentralzone.

Charakterzahlen der Kalziumflocculi, ganze Scheibe und Zentralzone.

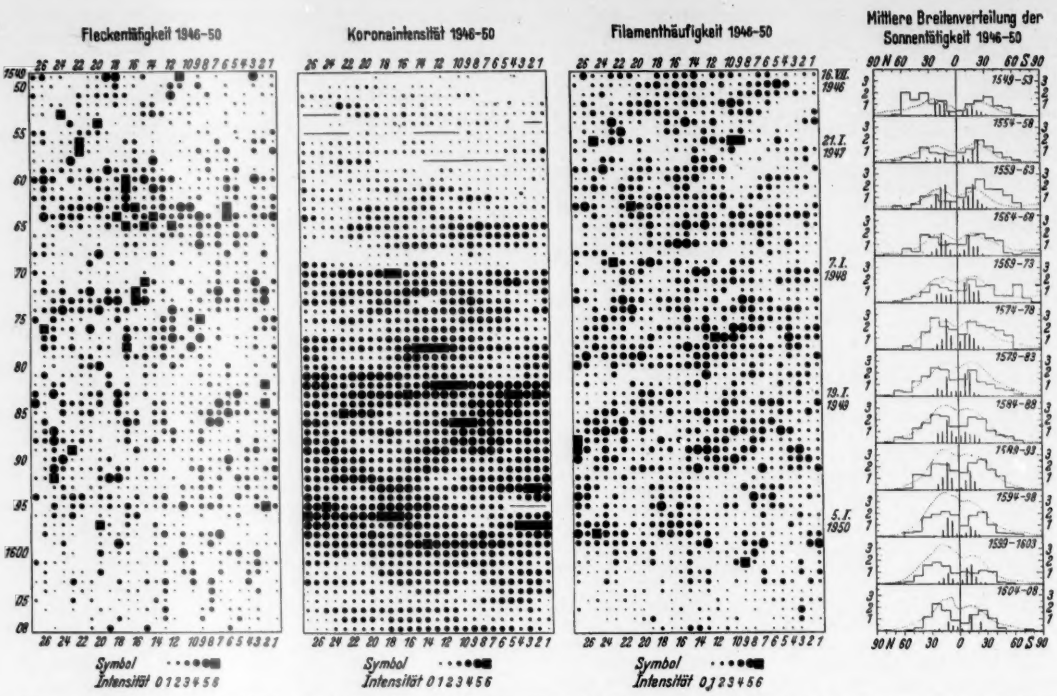


Fig. 13. Synoptische Darstellung der Fleckentätigkeit, Koronaintensität und Filamenthäufigkeit 1946 bis 1950, nach Rotationen geordnet, sowie mittlere Breitenverteilung der Sonnentätigkeit 1946 bis 1950, über je 5 Rotationen gemittelt. Im letzten Teilbild: ..... Korona; ———— Filamente, senkrechte Balken = Flecken.

Protilflächen der Protuberanzen.
Fleckenentwicklungstabelle.
Chromosphärische Eruptionen (Observatorium Tokyo).
Graphische Übersicht über die Lage der Filamente.

5. *Greenwich Photoheliographic Results*, herausgegeben von Royal Observatory Greenwich, ab 1874.
Koordinaten der Fleckengruppen.
Fläche von Flecken, aufgeteilt in Umbra- und Penumbragebiete.
Fackelflächen.
(Das letzte Heft enthält die Angaben für das Jahr 1935. Auszüge aus späteren Jahren erscheinen laufend in der Zeitschrift „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society".)

6. *Publikationen der Eidgenössischen Sternwarte Zürich*, ab 1887.
Heliographische Übersichtskarten der Photosphäre, Flecken im Stadium ihrer größten Entwicklung, Fackelgebiete umrissen. [In ihrer endgültigen Form werden diese Karten ab Bd. VII (1938) veröffentlicht, frühere Karten sind teilweise auch in den Astronomischen Mitteilungen der Sternwarte Zürich veröffentlicht].
Fleckenentwicklungstabellen.

7. *Astronomische Mitteilungen der Eidgenössischen Sternwarte Zürich*, 1910 bis 1939.
Profilflächen der Protuberanzen.
(Die Astronomischen Mitteilungen sowie die Publikationen Zürich enthalten darüber hinaus zahlreiche Angaben und Einzelarbeiten über Fleckenstatistik, in neuerer Zeit auch umfangreiche Untersuchungen über die Korona.)

8. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, in regelmäßigen Abständen Magnetfeldmessungen von Mt. Wilson.

9. *Observations des Taches Solaires*, herausgegeben vom Observatorium Kandilli, Istanbul.
Abgekürzte Fleckenentwicklungstabelle.

Literatur.

[1] Brunner, W.: Publ. Eidgen. Sternwarte Zürich **7**, 6 (1939). — [2] Roggenhausen, M.: Z. Astrophysik (im Druck). — [3] Brunnkow, K., u. W. Grotrian: Z. Astrophysik **26**, 313 (1949). — [4] *International Astronomical Union:* Character Figures of Solar Phenomena 1, Tafel I—III (1923). — [5] Ellison, M. A.: Monthly Not. **109**, 3 (1949). — [6] Bureau, R.: J. Physique Radium **1939**, 266. — [7] Waldmeier, M.: Z. Astrophysik **26**, 205 (1949). — [8] Waldmeier, M.: Astr. Mitt. Zürich **1948**, Nr. 153. — [9] Lyot, B.: Z. Astrophysik **5**, 73 (1932). — [10] Wille, H.: Naturwiss. **36**, 25 (1949) — Optik (im Druck). — [11] Lyot, B.: C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **231**, 461 (1950). — [12] Allen, C. W.: Monthly Notices Roy. astronom. Soc. **107**, 386 (1947). — [13] Blum, E. J., et J. F. Denisse: C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **231**, 1214 (1950). — [14] Denisse, J. F.: Ann. Astrophys. **13**, 181 (1950). — [15] Pawsey, J. L., and D. E. Yabsley: Austral. J. Sci. Res. **2**, 198 (1949). — [16] Lyot, B.: Ann. Astrophys. **7**, 31 (1944). — [17] Waldmeier, M.: Z. Astrophysik **21**, 85 (1941). — [18] Waldmeier, M.: Astr. Mitt. Zürich **157** (1949). — [19] Waldmeier, M.: Z. Astrophysik **26**, 147 (1949). — [20] d'Azambuja, L. u. M.: Ann. Obs. Paris, Sect. d'Astrophysique Meudon **6**, H. 7 (1948)

Fraunhofer-Institut Freiburg i. Br. und Astronomisches Institut Tübingen.

Eingegangen am 15. Juni 1951.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Zum Polarisationsgrad der Bremsstrahlung dünner Antikathoden.

Nach einer kürzlich durchgeführten Untersuchung[1]) über den Einfluß der Elektronendiffusion auf den Polarisationsgrad der Bremsstrahlung dünner Antikathoden sind die Abweichungen der Messungen H. Kulenkampffs[2]) und D. S. Pistons[3]) von der *nicht-relativistischen* Theorie A. Sommerfelds[4]) durch Diffusion der Elektronen nicht zu erklären. Die angelegte Spannung U_0 betrug nun bei Kulenkampff 34, bei Piston um 70 kV. Dies entspricht einem Verhältnis Elektronengeschwindigkeit zu Lichtgeschwindigkeit von $v_0/c = 0{,}35$ bzw. 0,48, so daß es nahe liegt, die Meßwerte auch mit der *relativistischen* Theorie zu vergleichen. Als Grundlage diente uns die

in erster BORNscher Näherung (Beschränkung auf Antikathoden niedriger Ordnungszahl) durchgeführte relativistische Theorie von F. SAUTER[5]). Wir haben daraus den Polarisationsgrad $P = 1 - 2 \cdot J_\perp / J$ für die Nähe der Grenzfrequenz $h\nu = U_0$ abgeleitet, indem wir sowohl die Intensität der Bremsstrahlung $J_\perp$, deren elektrische Feldstärke senkrecht zur Einfallsrichtung der Elektronen steht, als auch die Gesamtintensität J je Raumwinkel nach Potenzen von $\left[\frac{U}{U_0} \cdot \frac{2mc^2+U}{2mc^2+U_0}\right]$ entwickelt haben. U_0 ist dabei die kinetische Energie der Elektronen vor, U die kinetische Energie nach der Emission des Lichtquants $h\nu = U_0 - U$ und $mc^2 = E_0 - U_0$ die Ruheenergie der Elektronen. In erster Näherung

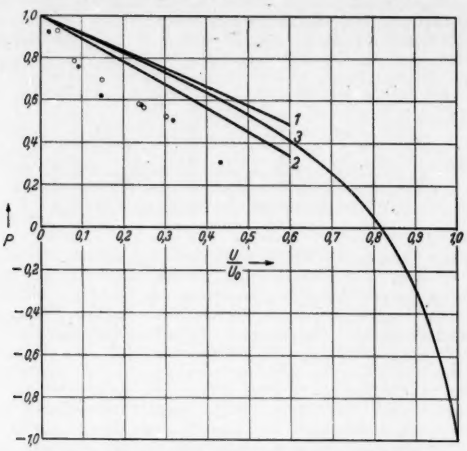


Fig. 1. Verlauf des Polarisationsgrades P in Abhängigkeit von U/U_0 (U kinetische Energie des Elektrons nach Emission des Röntgenquants $h\nu = U_0 - U$). ○ Messungen von KULENKAMPFF (34 kV); ● Messungen von PISTON (70 kV). Kurve *1* und *2* theoretische Näherung nach Gl. (1) für 34 und 70 kV; Kurve *3* numerisch berechneter Verlauf für 34 kV.

fanden wir so für den Polarisationsgrad, beobachtet unter dem Winkel Θ zur Einfallsrichtung der Elektronen,

$$P = 1 - \frac{\left[\frac{U}{U_0}\,\frac{2mc^2+U}{2mc^2+U_0}\right]\frac{2}{3}\left(2E_0^2 - U_0 w m c^2 + \frac{U_0^2}{w}\right) + \left[\;\right]^2 \cdots}{\sin^2\Theta\left(\frac{2m^2c^4}{w^2} - \frac{U_0 m c^2}{w} + \frac{U_0^2}{w}\right) + \left[\;\right] \cdots} \quad (1)$$

Hierbei ist w die Abkürzung für $\frac{E_0}{mc^2}\left(1 - \frac{v_0}{c}\cos\Theta\right)$. Zur Kontrolle haben wir den vollständigen Verlauf des Polarisationsgrades bis zur Grenze $h\nu = 0$ für 34 kV numerisch berechnet. Das Ergebnis ist in der Figur graphisch dargestellt und mit den Messungen verglichen. Wie man sieht, beschreibt auch die relativistische Theorie in erster BORNscher Näherung nicht die bisherigen Meßergebnisse des Polarisationsgrades, so daß zunächst die Abweichung zwischen Theorie und Experiment bestehen bleibt.

Würzburg, Röntgenring 8.

O. BLUNCK und K. DOFFIN.

Eingegangen am 1. Dezember 1951.

[1]) BLUNCK, O.: Z. Physik **130**, 632 (1951).
[2]) KULENKAMPFF, H.: Physik. Z. **30**, 513 (1929).
[3]) PISTON, D. S.: Physic. Rev. **49**, 275 (1936).
[4]) SOMMERFELD, A.: Ann. Phys. (5) **11**, 257 (1931).
[5]) SAUTER, F.: Ann. Phys. (5) **20**, 404 (1934).

Röntgenographische und mechanische Verformungsmessungen an Gußeisen.

In der Literatur ist keine Arbeit über Dehnungsmessungen mit Röntgenstrahlen an Gußeisen bekannt. Da aber die röntgenographische Methode der Bestimmung der elastischen Dehnungen (Spannungen)[1]) viele wertvolle Ergebnisse für das Studium der Verformung bereits gebracht hat, schien es nutzbringend, derartige Untersuchungen auch an Gußeisen anzustellen, um nach Durchführung von Versuchen mit definierten Spannungszuständen sowohl Einblicke in den Mechanismus der gemischt elastisch-plastischen Verformung als auch Hinweise für die praktische Anwendung des Verfahrens zu bekommen.

Die an verschiedenen Proben eines unlegierten, ferritisch-perlitischen Graugusses mit mittelgrobem Graphit und im Mittel 3,5% C, 0,5% Mn, 2,1% Si, 0,6% P und 0,1% S erhaltenen Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlüsse können noch nicht als endgültig angesehen werden und werden durch weitere Messungen an Grauguß mit grober und feiner Graphitausbildung und an einem sphärolitischen Guß ergänzt werden.

Die Untersuchungen wurden an Zug-, Druck- und Biegestäben durchgeführt. Die Belastung der Proben geschah in

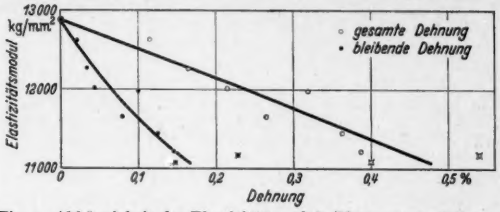


Fig. 1. Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls (Ursprungsmodul) von vorausgegangener gesamter und bleibender Dehnung (× Werte für Bruch extrapoliert).

gewichtsbelasteten Prüfmaschinen. Die Dehnungen wurden mechanisch mit BAUMANN- bzw. HUGGENBERGER-Dehnungsmessern, röntgenographisch aus vorwiegend mit Kobalt-Strahlung gemessenen Gitterkonstanten bestimmt. Dazu wurden bei jeder Belastungsstufe jeweils mehrere Aufnahmen unter verschiedenem Einstrahlungswinkel hergestellt, die daraus berechneten Gitterkonstanten gegen das Quadrat des sinus

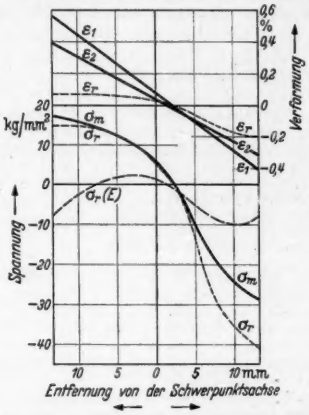


Fig. 2. Verformungs-, Spannungs- und Eigenspannungsverlauf eines Biegestabes mit Rechteck-Querschnitt als Funktion der Entfernung von der Schwerpunktsachse. Es bedeuten: ε_1 Gesamtverformung; ε_2 Differenz aus gesamter und bleibender Verformung, beide mechanisch gemessen; ε_r Verformung röntgenographisch gemessen (Ordinatenskala rechts). — σ_m Spannung, mechanisch gemessen; σ_r Spannung; $\sigma_r(E)$ Eigenspannung, beide röntgenographisch gemessen (Ordinatenskala links).

des Einstrahlwinkels aufgetragen und eine Ausgleichsgerade hindurchgelegt. Die Dehnung wurde dann aus zwei daraus entnommenen Gitterkonstantenwerten berechnet. Bestimmt wurden die Längs-, Quer- und Eigenverformungen bzw. -spannungen unter Verwendung eines E-Moduls von 21000 kg/mm² und einer POISSONschen Konstanten von 0,28 (übliche Mittelwerte von Stahl).

Aus den mechanischen Messungen wurde unter anderem die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von der Spannung ermittelt und daraus der Ursprungsmodul[2]) (für Spannung gleich Null) bestimmt. Dieser wurde aber auch direkt durch Bestimmung der Resonanzfrequenz bei Longitudinalschwingungen gemessen und eine Abhängigkeit von der vorangegangenen Dehnung festgestellt (s. Fig. 1).

Einen Vergleich zwischen den mechanisch und röntgenographisch gemessenen Verformungen und Spannungen gibt Fig. 2, worin die Verformungs- und Spannungsverteilung über

die Querschnittshöhe einer Biegeprobe eingetragen sind. Es sind neben der Gesamtverformung auch die Differenz zwischen gesamter und bleibender (also die federnde) Verformung sowie die röntgenographisch ermittelte Verformung eingezeichnet, und man erkennt, daß die Werte für letztere klein sind. Die mechanische Spannungsverteilung wurde aus den gemessenen mechanischen Verformungen aus den im Zug- und Druckversuch gewonnenen Zusammenhängen, Spannung – Dehnung, erhalten, wobei die gegenseitige Beeinflussung der Verformungen in benachbarten Querschnittshöhen unberücksichtigt blieb. Während die röntgenographischen Zugspannungen etwas kleiner als die mechanischen Werte sind, ist es bei Druckspannungen umgekehrt.

Sieht man zunächst von den Spannungsunterschieden ab, so kann man sagen, daß der nach der Theorie zu erwartende Spannungsverlauf in erster Näherung gefunden wurde. Die kleinen röntgenographisch gemessenen Verformungen sowohl auf der Zug- wie auch auf der Druckseite, die auch bei reiner Zug- und Druckbeanspruchung, wo ein direkter Vergleich mit den mechanischen Werten möglich ist, gefunden wurden, führen zu der Vorstellung, daß die Verformung des Gußeisens etwa nach der Art einer unregelmäßigen Zellenstruktur erfolgt; die einzelnen Wände selbst erfahren nur geringe spezifische Verformungen, der Gesamtverband erleidet aber größere, auch größere federnde Verformungen. Die eingelagerten Graphitblättchen wirken eben wie leicht deformierbare Einschlüsse und übertragen vor allen Dingen keine Zug- und Schubspannungen[3]). Die unter Berücksichtigung des Einflusses der elastischen Anisotropie[4]) kleinen röntgenographischen Spannungen bei Zugbeanspruchung kann man folgendermaßen erklären. In die Oberfläche münden die bei der Bearbeitung angeschnittenen Graphitblättchen und lassen die dazwischen gelegenen Kristallite nicht in dem Maße an der Spannungsübertragung teilnehmen wie weiter innen liegende Kristallite. Bei der Druckbeanspruchung tritt dieser Effekt nicht in gleicher Weise in Erscheinung, da die Graphitblättchen an der Kraftübertragung weitgehend mitwirken werden (s. Fig. 2).

Aus den Versuchen folgt, daß man die bei der röntgenographischen Dehnungs- (Spannungs-) Messung an Stahl gewonnenen Erkenntnisse nicht ohne weiteres auf Gußeisen übertragen kann und man den besonderen Verformungsmechanismus von Gußeisen zu berücksichtigen hat. Die Versuche werden fortgesetzt. Eine eingehende Veröffentlichung erfolgt im Archiv für das Eisenhüttenwesen.

Institut für Werkstoffkunde der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

FRANZ BOLLENRATH und VIKTOR HAUK.

Eingegangen am 8. November 1951.

[1]) GLOCKER, R.: Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, 3. Aufl., S. 314—346. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1949.

[2]) COLLAUD, A.: Roll. Mitt. 8, 3 (1949).

[3]) J. WOOLMAN [J. Iron Steel Inst. **168**, 273 (1951)] folgert aus Messungen der POISSONschen Konstante an vier Gußeisensorten, daß sich bei Zugverformung die Graphitblättchen von den Eisenkörnern abheben und wie Hohlräume verhalten.

[4]) Siehe z.B. BOLLENRATH, F., u. V. HAUK: Z. Metallkunde **37**, 161 (1946).

Zur Frage der Volumenänderung von Diffusionskörpern bei der Diffusion in metallischen Mischkristallen.

Bei den bislang verwendeten Auswerteverfahren von Diffusionsversuchen[1]),[2]),[3]) ging man stets von folgenden Voraussetzungen aus: 1. Die Anzahl der Atome in der Volumeneinheit ist konstant. 2. Während der Diffusion treten keine Volumenänderungen auf. Die erste Voraussetzung ist nur bei der Selbstdiffusion exakt erfüllt. In allen anderen Fällen, den Fremddiffusionen, ist die Anzahl der Atome in der Volumeneinheit mehr oder weniger von der Konzentration abhängig. Dieser Tatsache wird in neueren Untersuchungen[4]) dadurch Rechnung getragen, daß man als Abszisse in der c—x-Kurve den Gitterparameter aufträgt. Die zweite Annahme wurde experimentell auf ihre Gültigkeit noch nicht geprüft. In der Literatur findet man die Volumenänderung von Diffusionskörpern gelegentlich schon erwähnt[5]),[6]). An verschiedenen Systemen konnten wir ebenfalls feststellen, daß sich Volumenänderungen in der Diffusionszone einstellen. Zur Prüfung, inwieweit dafür der Diffusionsprozeß selbst die Ursache darstellt, unternahmen wir eine Reihe von Versuchen. Um dabei Vorgänge an den Korngrenzen weitgehend auszuschließen, wurde Material verwandt, das möglichst grobkristallin war. Die Korngröße in den verwendeten Ronden betrug 3 bis 15 mm. Die Vorbehandlung der Proben erwies sich als sehr bedeutungsvoll. Es mußte entgastes Material verwandt werden, das durch längeres Tempern auf konstante Dimensionen gebracht wurde. Zu diesem Zwecke haben wir alle Proben vor ihrer Verwendung an den Enden mit Markierungen versehen und im Vakuum solange getempert, bis sie auf etwa 0,003 mm konstante Dimensionen zeigten. Dabei stellte sich heraus, daß auch langsam erstarrtes, grobkristallines Material durch Tempern noch Längenänderungen erfährt, die bis zu 0,02 mm/cm betragen. Um zu verhindern, daß während der Diffusion Material über die Dampfphase befördert werden konnte, wurden die Proben zur Diffusion fest in Al_2O_3- oder Kohlepulver eingepackt. Die Verschweißung der Proben geschah unter Argon.

Die Diffusionsproben waren in den Schweißnähten und außerhalb der Diffusionszonen mit Wolframfäden von 0,02 mm Durchmesser als Markierung versehen und in der Anordnung A/B/A oder B/A/B oder A/B aneinandergeschweißt. Fig. 1 zeigt die Anordnung und die Markierung schematisch.

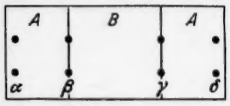


Fig. 1. Diffusionsprobe mit Markierungsstäbchen zur Längenmessung.

Wir untersuchten die Systeme Au—Ag, Ag—Pd, Ni—Au, Cu—Ni und Ni—Co. Die Diffusionsversuche wurden mit Proben von verschiedenen Durchmessern durchgeführt, um eine eventuelle Abhängigkeit der Volumenänderungen vom Durchmesser zu prüfen. Wir konnten feststellen, daß die Markierungen in der Schweißnaht sich stets zur Seite der niedriger schmelzenden Komponente bewegten, wie dies für einige Systeme schon von L. C. C. DA SILVA und R. F. MEHL[4]) berichtet wurde. Unser Interesse galt jedoch insbesondere den Markierungen außerhalb der Diffusionszone, die uns als Meßpunkte dienten. Es zeigte sich, daß die Gesamtlänge der Diffusionsronden während des Versuches nicht konstant blieb. (Siehe Tabelle 1.)

Tabelle 1. *Längenänderungen von Diffusionsproben.*

	Cu/Ni/Cu	Ag/Au/Ag	Ag/Pd/Ag
Durchmesser in cm . . .	2,0	1,3	1,4
Diffusionstemperatur in °C	1030	900	815
Diffusionszeit in Std . .	144	98	192
$\Delta(\gamma-\beta)$	+0,0105 cm	+0,018 cm	+0,0165 cm
$\Delta(\delta-\alpha)$	+0,007 cm	+0,004 cm	−0,0130 cm

Um zu prüfen, ob das Verwachsen der Schweißnähte beim Diffusionsprozeß und die dabei auftretenden Rekristallisationen Längenänderungen zur Folge haben, wurden drei Kupferproben mit entsprechenden Markierungen aneinandergeschweißt

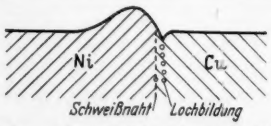


Fig. 2. Wulst- und Lochbildung in der Diffusionszone.

und getempert, mit dem Ergebnis, daß die Dimensionen konstant blieben. Alle Diffusionsproben zeigten in der Diffusionszone mehr oder weniger starke Veränderungen in ihrem Durchmesser. Auf der Seite der Komponente mit dem geringeren partiellen Diffusionskoeffizienten zeigte sich stets in der Nähe der Schweißnaht eine Vergrößerung und auf der anderen Seite der Schweißnaht eine Verringerung des Durchmessers (Fig. 2).

In den Systemen Ni—Cu, Ag—Pd und Ni—Au konnte festgestellt werden, daß sich auf der Seite der niedrigschmelzenden Komponente innerhalb der Diffusionszone Löcher ausbilden. Diese Lochbildung wurde schon von SMIGELSKAS und KIRKENDALL[7]), L. C. C. DA SILVA und R. F. MEHL[4]) und LE CLAIRE und R. BARNES[8]) beobachtet.

Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß die Diffusionskörper ihr Volumen verändern. Es kann sowohl eine Verlängerung als auch eine Verkürzung der Gesamtprobe auftreten. Eine Verlängerung weist darauf hin, daß in der Diffusionsrichtung neue Gitterebenen gebildet sein müssen. Das Material dazu kann nur aus den in der Diffusionszone aufgetretenen Löchern

herrühren. Andererseits zeigt die Verkürzung der Ag/Pd/Ag-Proben, daß bei diesen in der Diffusionsrichtung Gitterebenen abgebaut worden sind. Das Material findet sich in den beschriebenen Wülsten wieder. Bei den Längenänderungen handelt es sich um Beträge, die teilweise in der Größenordnung der Wanderungen der Schweißnähte liegen; sie können also nicht vernachlässigt werden. Es zeigt sich, daß es auch nicht gleichgültig ist, in welcher Reihenfolge die Proben miteinander verschweißt wurden. Für die Wanderung der Schweißnaht erhält man verschiedene Werte, je nach dem, ob man den Bezugspunkt in den unendlichen Halbraum der Komponente A oder B legt. Außerdem wurde gefunden, daß die Längenänderungen der gesamten Diffusionskörper vom Durchmesser der Ronden abhängig sind.

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Ergebnisse ist es möglich, über den Mechanismus des Diffusionsvorganges weitere Aussagen zu machen, worüber in einer späteren Arbeit ausführlich berichtet werden soll.

Institut für Physikalische Chemie der Universität Münster.
W. SEITH und A. KOTTMANN.

Eingegangen am 1. Dezember 1951.

[1]) GRUBE, G., u. A. JEDELE: Z. Elektrochem. **38**, 799 (1932).
[2]) MATANO, C.: Jap. J. Physics **8**, 109 (1933).
[3]) DARKEN, L. S.: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **175**, 184 (1948).
[4]) SILVA, L. C. C. DA, u. R. F. MEHL: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **191** (1951). — J. Metals **155**.
[5]) FRAENKEL, W., u. H. HOUBEN: Z. anorg. allg. Chem. **116**, 1 (1921).
[6]) JOHNSON, W. A.: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **147**, 331 (1942).
[7]) SMIGELSKAS, A. D., u. E. O. KIRKENDALL: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **171** (1947). — Metals Technol., **1946**, Techn. Publ. 2071.
[8]) CLAIRE, A. D. LE, u. R. S. BARNES: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **1951**. — J. Metals **3**, 1060 (1951).

Über die Einführung partieller Diffusionskoeffizienten zur Deutung der Diffusion in Metallen.

Die neueren Untersuchungen zur Bestimmung von Diffusionskoeffizienten (DK) haben gezeigt, daß bei größeren Konzentrationsunterschieden der Diffusionspartner insbesondere, wenn man von zwei reinen Metallen ausgeht, die Konzentrations-Eindringkurven (c—x-Kurven) eine mehr oder weniger starke Abweichung vom symmetrischen Verlauf zeigen[1],[2]). Die Unsymmetrie wird, von ungleichen Atomvolumina abgesehen, dadurch hervorgerufen, daß die DK konzentrationsabhängig sind. Die Kurven lassen sich nach MATANO[3]) auswerten.

Diese Tatsache, sowie die Beobachtung von SMIGELSKAS und KIRKENDALL[4]), wonach inerte Markierungen in Form von Drähten oder Stäbchen, welche in die ursprüngliche Trennfläche der Diffusionspartner eingebracht waren, im Verlauf der Diffusion aus dieser Ebene heraus wandern, veranlaßten DARKEN[5]), zur Erklärung dieser Erscheinung jeder Komponente einen besonderen DK zuzuordnen. Rein phänomenologisch stellte DARKEN dann die Beziehungen auf

$$(D_A - D_B) \cdot \frac{dN_A}{dx} = v \quad (1); \qquad D = N_A \cdot D_B + N_B \cdot D_A. \quad (2)$$

D_A bzw. D_B sind die einzelnen DK der Komponente A bzw. B, die wir als partielle Größen bezeichnen wollen. N_A, N_B = Molenbrüche, dN/dx = Gefälle derselben. D ist der nach MATANO errechnete DK, v die Wanderungsgeschwindigkeit des inerten Stäbchens. Durch die Gleichung

$$D_{A,B} = D^*_{A,B}\left(1 + \frac{d \ln f}{d \ln N}\right)$$

sind die partiellen, chemischen DK mit den idealen DK D^*_A bzw. D^*_B verknüpft. f = Aktivitätskoeffizient.

Nach DARKEN sollen nun die zuletzt genannten DK identisch sein mit den Selbstdiffusionskoeffizienten, die man erhält, wenn in einer homogenen Legierung, ohne Konzentrationsgradient, die Wanderung radioaktiver Isotope beobachtet wird. Es ist bisher noch nicht untersucht worden, ob dieser Zusammenhang tatsächlich besteht. Da die Kenntnis der Größe der Selbstdiffusionskoeffizienten für alle theoretischen Erörterungen und Berechnungen unerläßlich ist, kommt einer solchen Untersuchung eine besondere Bedeutung zu. Ist der Zusammenhang sichergestellt, können wertvolle Schlüsse in bezug auf den Mechanismus der Diffusion gezogen werden. In einem jüngst erschienenen Diskussionsbeitrag zu der Arbeit von DA SILVA und MEHL[6]) weisen LE CLAIRE und BARNES[7]) auf die Notwendigkeit einer solchen Prüfung hin.

Auf Grund ähnlicher Überlegungen haben wir bereits früher die experimentelle Lösung dieser Frage in Angriff genommen, so daß die Antwort auf diese Fragestellung bereits gegeben werden kann.

Im System Silber—Gold sind von JOHNSON[8]) die DK D^*_{Ag} und D^*_{Au} mit radioaktivem Silber und Gold in einer Legierung mit 50,8 At-% Ag bestimmt worden. JOHNSON hat ferner den chemischen DK zwischen 44,19 At-% Ag und 57,93 At-% Ag ermittelt. Die von ihm erhaltene c—x-Kurve ist symmetrisch und der aus ihr ermittelte DK in diesem Konzentrationsbereich konstant. Mit Hilfe dieser experimentellen Daten von JOHNSON läßt sich bei bekannten Aktivitätskoeffizienten[9]) aus Gl. (1) die Geschwindigkeit der Stäbchenwanderung berechnen und mit dem Experiment vergleichen. Zur Ermittlung der Stäbchenwanderung wurden von uns genau die gleichen Versuchsbedingungen gewählt, wie sie JOHNSON zur Bestimmung des chemischen DK verwendete. Um möglichst genau messen zu können, wurden drei Ronden aneinandergeschweißt und als Markierungen feine Wolframdrähtchen mit 0,02 mm Durchmesser benutzt. Die beobachtete Wanderung schwankte bei den einzelnen Drähtchen etwas und betrug im Mittel $1{,}85 \times 10^{-3}$ cm, während die Berechnung $1{,}55 \times 10^{-3}$ cm liefert. Die Übereinstimmung ist befriedigend. Es ist hiermit eindeutig die Bestätigung für die Vorstellungen und Berechnungen DARKENS, welche inzwischen von BARDEEN[10]) und SEITZ[11]) theoretisch weiter unterbaut worden sind, erbracht worden. In einer weiteren Mitteilung soll gezeigt werden, inwieweit die von DARKEN gemachten Voraussetzungen bezüglich Volumenänderungen während der Diffusion erfüllt sind.

Institut für Physikalische Chemie der Universität Münster i. Westf.
W. SEITH, TH. HEUMANN und A. KOTTMANN.

Eingegangen am 1. Dezember 1951.

[1]) SEITH, W.: Diffusion in Metallen. Berlin: Springer 1939.
[2]) CLAIRE, A. D. LE: Progress in Metal Physics, Bd. I. London 1949.
[3]) MATANO, C.: Jap. J. Physics **8**, 109 (1933).
[4]) SMIGELSKAS, A. D., and E. O. KIRKENDALL: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **1946**, Techn. Publ. 2071.
[5]) DARKEN, L. S.: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **175**, 184 (1948).
[6]) SILVA, L. C. C. DA, u. R. F. MEHL: J. Metals **3**, 155 (1951).
[7]) CLAIRE, A. D. LE, u. R. S. BARNES: J. Metals **3**, 1060 (1951).
[8]) JOHNSON, W. A.: Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. **147**, 331 (1942).
[9]) WAGNER, C., u. G. ENGELHARDT: Z. physik. Chem. **159**, 241 (1932).
[10]) BARDEEN, J.: Physic. Rev. **76**, 1403 (1949).
[11]) SEITZ, F.: Acta Cryst. **3**, 355 (1950).

Die Löslichkeit homologer Reihen organischer Verbindungen.

Die Erfahrungstatsache der abgestuften Löslichkeit von Gliedern homologer Reihen wurde quantitativ untersucht. Als homologe Reihe soll in diesem Zusammenhang eine solche bezeichnet werden, bei der die Änderung im Molekelaufbau *monoton* erfolgt, bei der sich also jedes Reihenglied gegenüber dem vorhergehenden um den *gleichen Betrag* in *gleicher Richtung* unterscheidet.

Es wurde angenommen, daß ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der Molekel- und der Löslichkeitsänderung besteht. Zur Verifizierung wurde die Reihe der partiell wasserlöslichen primären normalen Alkohole vom n-Butanol-1 bis zum n-Dekanol-1 untersucht. Der Vergleichbarkeit wegen im Rahmen dieser kurzen Mitteilung sind die Werte für C_4 bis C_7 hier wiedergegeben. Die präparative Reindarstellung und die sonstigen Eigenschaften der Alkohole werden an anderer Stelle eingehend mitgeteilt.

Für die Untersuchungen wurde die synthetische Methode angewendet. Die Ergebnisse sind in der weiter unten wiedergegebenen Zahlentafel 2 enthalten. Aus den dabei erhaltenen Werten sowie aus solchen für die n-2-Ketone, die in dem Zahlenmaterial einer Arbeit von GINNINGS, CARTER und PLONK[1]) mit enthalten waren, wurde für die Gesetzmäßigkeit der Löslichkeit in homologen Reihen die Gleichung

$$\log x = c + k \cdot M \quad (1)$$

abgeleitet.

Darin bedeuten x die Konzentration in Mol-%, M das Molekulargewicht und c und k zwei von der Art der homologen Reihe und von der Temperatur abhängige Konstanten. Für die Reihe der n-1-Alkohole wurden für die beiden Konstanten die Zahlenwerte der Zahlentafel 1 errechnet.

Zahlentafel 1. *Zahlenwerte für die Konstanten c und k in den Systemen n-1-Alkohol/Wasser.*

t °C	c	k	log $(-k)$
0	3,7467	−0.044708	65038
10	3,6467	−0,044320	64660
20	3,4991	−0,043100	63448
30	3,4746	−0,043466	63815
40	3,5621	−0,045054	65373
50	3,6797	−0,046782	67008

Unter Benutzung der angeführten Werte für c und k ergeben sich die in der Zahlentafel 2 den wirklich gemessenen Werten gegenübergestellten Zahlen für die Wasserlöslichkeit der primären normalen Alkohole.

Zahlentafel 2. *Gemessene und berechnete Löslichkeiten der primären normalen Alkohole in Wasser.*

Löslichkeit bei °C	n-Butanol-1		n-Pentanol-1		n-Hexanol-1		n-Heptanol-1	
	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
0	2,71	2,71	0,64	0,64	0,14	0,15	0,053	0,036
10	2,30	2,30	0,55	0,55	0,12	0,13	0,046	0.031
20	1,97	1,97	0,49	0,49	0,11	0,12	0,031	0,031
30	1,79	1,79	0,44	0,44	0,10	0,11	0,025	0,027
40	1,67	1,67	0,39	0,39	0,10	0,09	0,020	0,021
50	1,63	1,63	0,36	0,36	0,09	0,08	0,018	0,018

Die Abweichungen beim Heptanol bei 0 und 10° beruhen auf der bei diesen Temperaturen bereits zu beachtenden Viskosität dieses Alkohols, die zu Meßfehlern durch Emulsionsbildung führt. Über das Viskositätsverhalten der Alkoholreihe wird gleichfalls gesondert berichtet.

Für die homologe Reihe der n-2-Ketone wurden die Konstanten der Zahlentafel 3 errechnet.

Zahlentafel 3. *Zahlenwerte für die Konstanten c und k in den Systemen n-2-Keton/Wasser.*

t °C	c	k	log $(-k)$
20	4,0237	−0,045370	65677
25	3,9072	−0,044460	64797
30	3,9028	−0,044713	65043

In die Gleichung (1) eingesetzt, ergeben sich daraus die Löslichkeiten der Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. *Gemessene und berechnete Löslichkeiten der n-2-Ketone in Wasser.*

Löslichkeit bei °C	n-Butanon-2		n-Pentanon-2		n-Hexanon-2		n-Heptanon-2	
	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
20	8,60	5,67	1,31	1,31	0,32	0,30	0,070	0,070
25	7,91	5,04	1,20	1,20	0,30	0,29	0,068	0,068
30	7,34	4,79	1,13	1,13	0,26	0,27	0,063	0,063

Hier zeigt das n-Butanon-2 erhebliche Abweichungen, die dadurch verursacht sind, daß die Meßtemperaturen hier nur wenig unterhalb der kritischen Lösungstemperaturen liegen. Die Verhältnisse sind dann ähnlich wie bei zweiphasigen Einstoffsystemen, für welche z. B. die VAN DER WAALSsche Gleichung in der Nähe der kritischen Temperatur ihre Anwendbarkeit verliert. Auch in der Alkoholreihe ergaben sich in der Nähe der kritischen Lösungstemperaturen solche Abweichungen.

Da die Gleichung (1) eine Gerade darstellt, kann man mit ihrer Hilfe die Löslichkeit beliebiger Glieder einer homologen Reihe einfach graphisch ermitteln, sobald dieselbe für zwei davon gemessen ist (vgl. Fig. 1).

Untersuchungen über die Ermittlung von c und k aus Molekulardaten allein sind im Gange, aus denen die Berechnung der Löslichkeit ohne deren Messung zu erwarten ist. Orientierende Messungen haben außerdem gezeigt, daß die Beziehung (1) auch für andere Systeme mit Mischungslücken gilt, in denen z. B. das Wasser durch Äthylenglykol,

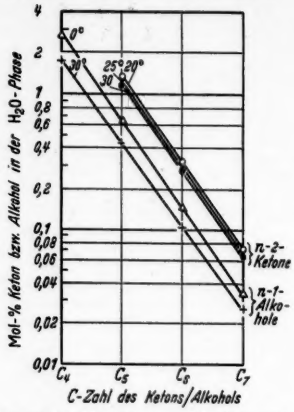


Fig. 1. Die Wasserlöslichkeit der n-1-Alkohole und der n-2-Ketone in Abhängigkeit vom Molekulargewicht (Einfachlogarithmische Darstellung).

Glyzerin oder andere hydrophile Substanzen ersetzt ist. Ein eingehender Bericht über die hier kurz zusammengefaßten Zusammenhänge sowie über ihre physiologischen Konsequenzen folgt an anderer Stelle.

Aus dem Institut für Anatomie und Physiologie der Haustiere der Universität Bonn. (Direktor: Prof. Dr. SCHÜRMANN).

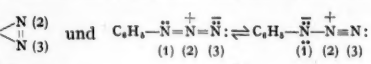
L. v. ERICHSEN.

Eingegangen am 22. November 1951.

[1]) GINNINGS, P. M., D. PLONK u. E. CARTER: J. Amer. Chem. Soc. **62**, 1923 (1940).

Chemischer Beweis für die Konstitution des Phenylazids.

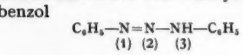
Zwischen den für das Phenylazid vorgeschlagenen Formeln



(a) (b)

kann mit den klassischen Methoden der organischen Chemie keine Entscheidung herbeigeführt werden. Diese Methoden sind jedoch sofort anwendbar, wenn man das schwere Stickstoffisotop ^{15}N zu Hilfe nimmt.

Wir bereiteten aus gewöhnlichem Phenylhydrazin (0,37% ^{15}N) mit $Na\,^{15}NO_2$ (2,50% ^{15}N) markiertes Phenylazid. Führt man dieses mit Hilfe von Phenylmagnesiumbromid in Diazoamidobenzol



über, so muß bei der Formel (a) der Ring geöffnet und dabei den zunächst funktionell gleichwertigen N-Atomen 2 und 3 ihr Platz im Diazoamidobenzol zugewiesen werden. Bei der Kettenformel (b) sind dagegen diese Plätze bereits festgelegt. Ferner muß man berücksichtigen, daß das einzelne H-Atom im Diazoamidobenzol leicht verschieblich ist und sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit am N-Atom 1 wie 3 aufhält. Folgende Reaktionen und ^{15}N-Analysen (s. Tabelle 1) stellen nun die Kettenstruktur (b) sicher.

1. Ein Teil des markierten Phenylazids wird mit Salzsäure zu p-Chloranilin verkocht. Der Stickstoff dieser Verbindung hat normale Zusammensetzung (0,37% ^{15}N); also ist beim Diazotieren sicher nicht das am Phenylrest stehende N-Atom 1, sondern 2 oder 3 markiert worden.

2. Der durchschnittliche ^{15}N-Gehalt des Diazoamidobenzols entspricht sehr nahe dem zu erwartenden Wert $1{,}08 = \frac{2{,}50 + 2 \cdot 0{,}37}{3}$ %.

Tabelle 1. *Durchschnittlicher Gehalt an ^{15}N in Atom-%.*

Substanz	gefunden	berechnet für Ring (a)	berechnet (Ring) / gefunden	berechnet für Kette (b) Annahme 2	berechnet (Kette) / gefunden
Natriumnitrit	2,50	—	—	—	—
p-Chloranilin	0,37	0,37	$1{,}00_0$	0,37	$1{,}00_0$
Diazoamidobenzol	1,11	1,08	$0{,}97_3$	1,08	$0{,}97_3$
Anilin I	1,40	$0{,}90_3$	$0{,}64_5$	$1{,}43_5$	$1{,}02_5$
Anilin II	1,39	$0{,}90_3$	$0{,}64_9$	$1{,}43_5$	$1{,}03_3$
Ammoniak	$0{,}40_3$	$1{,}43_5$	0,280	0,37	$0{,}92_0$
Σ ^{15}N in den Endprodukten	3,19	3,24	1,017	3,24	$1{,}01_7$

3. Man reduziert das markierte Diazoamidobenzol in zwei Schritten; erstens zu Anilin(I) und Phenylhydrazin, und dann zweitens das Phenylhydrazin weiter zu Anilin(II) und Ammoniak. Letzterer muß offenbar vom mittelständigen Stickstoffatom herrühren.

1. Schluß. Falls ursprünglich das N-Atom 3 markiert war, hat es bei der Ringöffnung die Chance $\frac{1}{2}$, daß es mittelständig wird. Die Ringformel läßt also eine ^{15}N-Konzentration von $\frac{2{,}50+0{,}37}{2} = 1{,}43_5\%$ ^{15}N für den Ammoniak erwarten. Für den ^{15}N-Gehalt der Aniline I und II, die wegen der Tautomerieverhältnisse des Diazoamidobenzols identische Zusammensetzung haben müssen, ist ein Wert von $\frac{1{,}43_5+0{,}37}{2} = 0{,}90_3\%$ ^{15}N vorauszusehen. Für die Ringformel ändert sich aus Symmetriegründen an dieser Überlegung nichts, falls etwa primär das N-Atom 2 markiert war.

2. Schluß. Bei gestreckter Konstitution sei etwa das markierte N-Atom 3 schon bei der Synthese endständig geworden. Es verteilt dann seinen ^{15}N-Gehalt gleichmäßig auf die Aniline I und II. Die Aniline sollten daher je $\frac{2{,}50+0{,}37}{2} = 1{,}43_5\%$ ^{15}N aufweisen, während der vom N-Atom 2 herrührende Ammoniak normal mit 0,37% ^{15}N gefunden werden muß.

3. Schluß. Ist dagegen bei gestreckter Konstitution das N-Atom 2 markiert worden, so muß der Ammoniak denselben ^{15}N-Gehalt wie das zur Diazotierung benutzte Natriumnitrit (2,50% ^{15}N) zeigen, und die Aniline I und II müssen normale ^{15}N-Werte (0,37% ^{15}N) haben.

4. Die Analysenergebnisse einer typischen Versuchsreihe sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Sie sind nur mit der zweiten Annahme — gestreckte Konstitution, endständiger Eintritt des aus dem Nitrit stammenden N-Atoms — gut verträglich. Wir dürfen jedoch nicht übersehen, daß gegenüber der Erwartung der ^{15}N-Gehalt des Ammoniaks etwas zu hoch, der ^{15}N-Gehalt der Aniline etwas zu niedrig ist, während die Summe aller ^{15}N% sehr nahe mit der Theorie stimmt. Diese kleine Diskrepanz geht vermutlich auf die Reaktionsverhältnisse bei der Entstehung des Phenylazids aus dem primär gebildeten Nitrosophenylhydrazin zurück und wird von uns noch näher untersucht werden.

Jedenfalls ist auf Grund unserer rein chemischen Beweisführung die Ringstruktur der Azidgruppe sicher auszuschließen zugunsten der linearen Anordnung, die aus physikalischen Beobachtungen schon seit längerer Zeit gefordert wird.

Der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich danken wir für die Unterstützung dieser Arbeit.

Zürich, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität.

K. Clusius und H. R. Weisser.

Eingegangen am 22. Dezember 1951.

Konstitution, Lichtabsorption und reaktives Verhalten der farbiger Pyridiniumbetaine[1]).

Phenacyl-pyridiniumsalze und ähnliche Verbindungen gehen unter der Einwirkung von Alkali in farbige Anhydrobasen, sog. „Enolbetaine", über; für sie war Mesomerie zwischen den beiden folgenden Grenzformen angenommen worden[2]):

Die chemischen Beobachtungen ließen die Frage offen, welcher der beiden Formen das Hauptgewicht zukommt. Die Messung der Absorptionsspektren brachte hier weitgehend Klarheit. Beim Typ I war zu erwarten, daß das Hauptmaximum bei etwa 300 bis 330 mμ liegen würde (bei $R_1 = C_6H_5$); durch Variation im Substituenten R_1 sollte eine erhebliche Beeinflussung des Maximums festzustellen sein.

Unter den zahlreichen gemessenen Betainen fanden sich in der Tat einige, die ein Maximum der Absorption bei 320 mμ aufwiesen, während die überwiegende Zahl wesentlich langwelliger, bei 440 bis 460 mμ, absorbierte. Man kann daher zwischen 2 Gruppen unterscheiden: bei der ersten Gruppe liegt das Hauptgewicht auf der Grenzform I (O-Betain-Form), während bei der zweiten Gruppe im wesentlichen die Grenzform II (C-Betain-Form) anzunehmen ist. Zu den O-Betainen gehört z. B. das Dibenzoylmethyl-pyridiniumbetain (vgl. Fig. 1), während zu den C-Betainen alle Phenacyl-pyridiniumbetaine zu rechnen sind (Fig. 3).

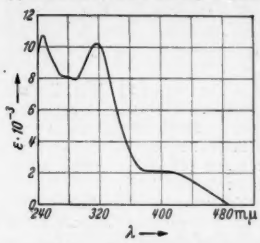


Fig. 1. Dibenzoylmethyl-pyridiniumbetain.

Interessanterweise gibt es auch Übergänge. So weist etwa das Desyl-pyridiniumbetain beide Maxima auf, eines bei 325 mμ und eines bei 502 mμ (Fig. 2). Erwartungsgemäß werden die Maxima bei den Verbindungen der zweiten Gruppe nicht durch Variationen im Rest R_1 beeinflußt. Dagegen sind der Rest R_2 und der Bau des Basenrestes von entscheidender Bedeutung. Je größer die Zahl der Mesomerie-Möglichkeiten, desto langwelliger liegt das Absorptionsmaximum. (Iso)-Chinolinium-betaine absorbieren langwelliger als die Pyridiniumbetaine. Dabei ist die Basizität von geringem Einfluß: Phenacyl-2-chlorpyridinium-betain hat etwa das gleiche Maximum wie das chlorfreie Betain. Wohl aber machen sich sterische Einflüsse erheblich geltend, da hierdurch die Mesomerie beeinflußt wird. Beim stark sterisch gehinderten Dibenzoylmethyl-pyridiniumbetain ist nur die O-Betain-Form festzustellen, während bei dem mehr komplanar gebauten Desyl-pyridiniumbetain beide Formen nebeneinander vorliegen. Reine C-Betaine setzen einen weitgehend ebenen Bau voraus.

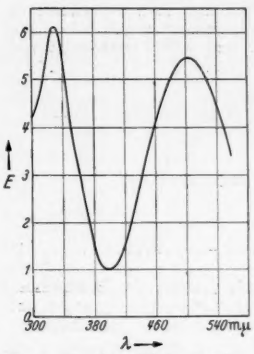


Fig. 2. Desyl-pyridiniumbetain.

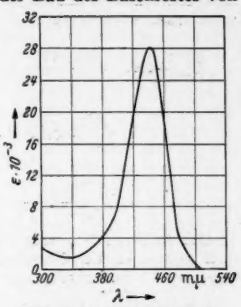


Fig. 3. m-Nitrophenacyl-pyridiniumbetain.

Im Falle des Phenacyl-isochinolinium-betains gelingt es, zwei Isomere zu isolieren, von denen das stabile ein Maximum bei 320 mμ aufweist, während das instabile offenbar ein C-Betain ist. Allgemein sind die O-Betaine wesentlich beständiger als die C-Betaine, was sich auch im chemischen Verhalten äußert. Denn alle Substanzen, die nach ihren Spektren C-Betaine sind, geben in alkalischer Lösung mit Nitrosodimethylanilin augenblicklich unter Rotfärbung die entsprechenden Nitrone und geben intensive Farbreaktionen

mit Pikrylchlorid; Acylhalogenide führen zu C-Acyl-Verbindungen, während aus O-Betainen die O-Acyl-derivate erhalten werden.

Eine ausführliche Mitteilung erscheint demnächst in den „Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft".

Braunschweig, Organisch-Chemisches Institut der Technischen Hochschule.

Säckingen (Baden), Forschungsinstitut der Dr. A. Wander AG.
FERDINAND BOHLMANN und FRITZ KRÖHNKE.

Eingegangen am 24. November 1951.

[1]) Zugleich IX. Mitteilung: „Über Enolbetaine". VIII. Mitteilung: KRÖHNKE, F., H. SCHMEISS u. W. GOTTSTEIN: Chem. Ber. **84**, 131 (1951).

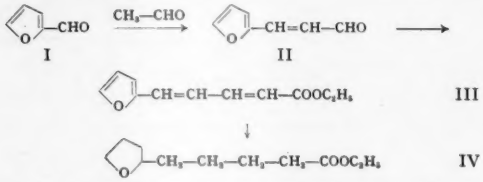
[2]) KRÖHNKE, F., u. Mitarb.: Ber. dtsch. chem. Ges. **69**, 2007 (1936); **70**, 1723; **72**, 529 (1939).

Ein neuer Weg zur Synthese von alkylierten Azulenen.

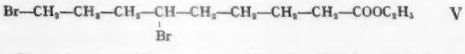
Zur Darstellung alkylierter Azulene dienen zumeist Ringerweiterungsreaktionen an entsprechend substituierten Indanen. Nach den Arbeiten von PL. A. PLATTNER, TH. WAGNER-JAUREGG und H. ARNOLD[1]) verläuft jedoch die Ringerweiterung oft nicht einheitlich und führt insbesondere bei der Synthese von in 5- und 6-Stellung alkylierten Azulenen zu schwer trennbaren Gemischen. Die Verhältnisse komplizieren sich bei mehrfach substituierten Azulenen, so z. B. bei der Synthese des natürlichen Guaj-azulens[2]), das eine Alkylsubstitution in 1,4,7 aufweist.

Bereits von PL. A. PLATTNER, F. SORM und J. M. COOK[1]) wurden Methoden angegeben, die es gestatten, ausgehend vom Cyclopentanoncarbonsäureester, durch stufenweisen Aufbau des 5-7-Ringsystems zu einheitlichen substituierten Azulenen zu gelangen. Diese Verfahren erfordern jedoch einen relativ großen Aufwand an Material und Zeit.

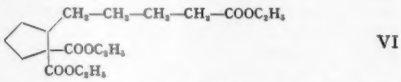
Im folgenden wird ein neues Verfahren beschrieben, womit es verhältnismäßig leicht und schnell möglich ist, in guten Ausbeuten alkylierte Azulene aufzubauen. Als Ausgangsmaterial diente das Furfurol (I), das nach A. HINZ, G. MEYER und G. SCHÜCKING[3]) mit Acetaldehyd zum β-(α-Furyl)-acrolein (II) und weiter mit Essigester zum γ-Furfurylidencrotonsäure-äthylester (III) kondensiert wurde. Letzterer ließ sich mit Raney-Nickel zum δ-(α-Tetrahydro-furyl)-valeriansäureäthylester (IV) hydrieren.



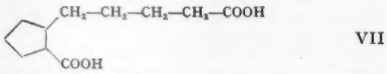
Durch Behandeln von IV mit gasförmigem Bromwasserstoff gelang es, den Tetrahydrofuranring aufzusprengen und den 1,4-Dibrom-nonansäure-äthylester-(9) (V) zu erhalten.



Durch Umsatz des Dibromesters V mit 2 Molen Natriummalonester konnte der δ-(2-Cyclopentyl-1,1-dicarbäthoxy)-valeriansäureäthylester (VI) dargestellt werden.



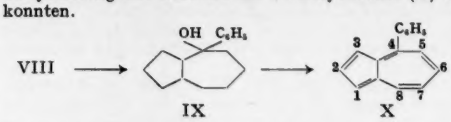
Der Tricarbonsäureester VI wurde alkalisch verseift und die rohe Tricarbonsäure bei 170° decarboxyliert, wobei δ-(2-Cyclopentyl-1-carboxy)-valeriansäure (VII) gebildet wurde.



Durch Pyrolyse des Bariumsalzes unter Zusatz von Eisenpulver ließ sich schließlich die Dicarbonsäure VII in das Bicyclo-(0,3,5)-decanon-2 (VIII) umwandeln.

Nach Analyse und Verhalten ist dieses bicyclische Keton VIII identisch mit dem Cyclopentano-cycloheptanon, das seinerzeit von W. HÜCKEL und L. SCHNITZSPAHN[4]) aus $\Delta_{9,10}$-Octalin gewonnen wurde. Die genannten Autoren beobachteten eine cis- und eine trans-Form, die sich im Schmelzpunkt der Oxime unterschieden. Eine genaue Untersuchung der sterischen Verhältnisse des von mir gewonnenen Präparates VIII steht noch aus; es scheint jedoch das cis-Isomere stark zu überwiegen.

Der letzte Schritt, die Überführung in ein Azulen, wurde für das „HÜCKELsche Cyclopentano-cycloheptanon" bereits von A. ST. PFAU und PL. A. PLATTNER[5]) beschrieben, die nach Umsatz mit Phenylmagnesiumbromid und nachfolgender Dehydrierung mit Schwefel das 4-Phenyl-azulen (X) erhalten konnten.

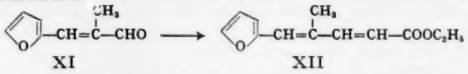


Bei Durchführung der gleichen Operationen mit dem aus Furfurol hergestellten Bicyclo-(0,3,5)-decanon-2 (VIII) konnte ebenfalls das 4-Phenylazulen (X) gewonnen werden, das durch sein Trinitrobenzolat, F. 86 bis 87°, charakterisiert wurde. Das freie Azulen X ist ein violettblaues Öl.

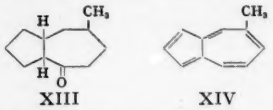
Zur weiteren Sicherung der angegebenen Konstitution von VIII wurde auch mit Methylmagnesiumbromid umgesetzt, aus dem rohen Bicyclo-(0,3,5)-2-methyl-decanol-2 Wasser abgespalten und das erhaltene Bicyclo-(0,3,5)-2-methyldecen durch Auftropfen auf 380° heiße Palladiumkohle in 14%iger Ausbeute in 4-Methylazulen übergeführt. Das Trinitrobenzolat schmilzt in Übereinstimmung mit den Angaben von A. ST. PFAU und PL. A. PLATTNER[5]) bei 177 bis 178°. Das Absorptionsspektrum des freien Azulens erwies sich als identisch mit dem von PL. A. PLATTNER und E. HEILBRONNER[6]) angegebenen.

Auch der Grundkörper der Azulene konnte aus VIII gewonnen werden. Nach Reduktion mit Lithiumaluminiumhydrid, Dehydratisierung und Dehydrierung in vorstehend beschriebener Weise wurde er in Form violettblauer Blättchen vom F. 99° erhalten. Beim Mischschmelzpunkt mit einem Vergleichspräparat konnte keine Depression beobachtet werden, ebenso war sein Absorptionsspektrum identisch mit dem von PL. A. PLATTNER und E. HEILBRONNER[6]) angegebenen.

Um die allgemeine Anwendbarkeit des neuen Verfahrens weiter unter Beweis zu stellen, wurde noch das Furfurol (I) mit Propionaldehyd kondensiert und das erhaltene β-(α-Furyl)-α-methyl-acrolein (XI) mit Essigester umgesetzt zum 1-(α-Furyl)-2-methyl-pentadien-(1,3)-säureäthylester-(5) (XII), der in stark lichtbrechenden derben Nadeln vom F. 31 bis 32° kristallisiert.



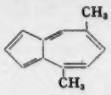
Wie vorstehend beschrieben, wurde XII zum 1-(α-Tetrahydrofuryl)-2-methyl-pentansäureäthylester-(5) perhydriert, dieser Ester in den 1,4-Dibrom-6-methyl-nonansäureäthylester-(9) übergeführt, zum δ-(2-Cyclopentyl-1,1-dicarbäthoxy)-γ-methylvaleriansäureäthylester kondensiert und zur δ-(2-Cyclopentyl-1-carboxy)-γ-methylvaleriansäure verseift und decarboxyliert. Durch Pyrolyse des Bariumsalzes ließ sich hieraus glatt das Bicyclo-(0,3,5)-3-methyl-decanon-6 (XIII) herstellen; auch hier steht die Frage der sterischen Zuordnung noch aus.



Zur Überführung in 5-Methylazulen wurde XIII zum Bicyclo-(0,3,5)-3-methyl-decanol-6 reduziert, dehydratisiert und über Palladiumkohle dehydriert. Das erhaltene 5-Methylazulen (XIV) lieferte ein Trinitrobenzolat vom F. 143 bis 144° und zeigte beim Mischschmelzpunkt mit einem nach der Methode von F. SORM[7]) hergestellten Vergleichspräparat keine Depression; ebenso war das Absorptionsspektrum des rein blauen, freien 5-Methylazulens, F. 26°, mit dem von PL. A. PLATTNER und E. HEILBRONNER[6]) angegebenen identisch.

Durch Umsatz von XIII mit Methylmagnesiumbromid, Dehydratisierung und Dehydrierung wurde schließlich das

noch unbekannte 4,7-Dimethylazulen (XV) erhalten. Das neue Azulen ist ein violettblaues Öl; sein Trinitrobenzolat schmilzt bei 161 bis 162°. Das Absorptionsspektrum von XV



XV

zeigt Maxima bei 243, **279** (UV-Hauptmaximum) 285, 332, 343; 556, **579** (Hauptmaximum im Sichtbaren), 601, 630, 659 und 694 mμ; es reiht sich gut in die von PL. A. PLATTNER angegebenen Gesetzmäßigkeiten für Spektren alkylierter Azulene ein.

Weitere Versuche, insbesondere zur Gewinnung von 1,5,8-trialkylierten Azulenen sind im Gange, und die experimentellen Ergebnisse werden demnächst an anderer Stelle veröffentlicht.

Aus dem Institut für Organische Chemie der Technischen Hochschule Braunschweig. H. POMMER.

Eingegangen am 12. Dezember 1951.

[1]) Vgl. die Übersichtsreferate, H. POMMER, Z. angew. Chem. **62**, 281 (1950) und A. J. HAAGEN-SMIT, Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe, Bd. V. Wien: Springer 1948.

[2]) HIPPCHEN, H.: Z. Naturforschg. **1**, 325 (1946). — PLATTNER, PL. A., A. FÜRST, L. MARTI u. H. SCHMID, Helv. chim. Acta **32**, 2137, 2452 (1949).

[3]) HINZ, A., G. MEYER u. G. SCHÜCKING: Ber. dtsch. chem. Ges. **76**, 676 (1943).

[4]) HÜCKEL, W., u. L. SCHNITZSPAHN: Liebigs Ann. Chem. **505**, 274 (1933).

[5]) PFAU, A. ST., u. PL. A. PLATTNER: Helv. chim. Acta **19**, 858 (1936).

[6]) PLATTNER, PL. A., u. E. HEILBRONNER: Helv. chim. Acta **30**, 910 (1947).

[7]) SORM, F.: Chem. Obzor **21**, 23 (1946). — Chem. Abstr. **42**, 555 (1948).

Untersuchungen über Antibiotica aus höheren Pflanzen.

IV. Mitteilung.

Hemmstoffe im herbstlichen Laub.

Eigene Untersuchungen [WINTER und WILLEKE[1])] und Befunde anderer Autoren [OSBORN[2]), FREERKSEN und BÖNICKE[3])] zeigten, daß antibiotisch wirksame Substanzen in grünen Pflanzen außerordentlich verbreitet sind. Es scheint nun nach unseren Erfahrungen insgesamt die Häufigkeit solcher Hemmungsstoffe zum Herbst hin zuzunehmen. Es fehlen aber bis auf die Untersuchungen von MELIN[4]), der im Laubstreu von Ahorn, Birke, Buche, Eiche, Espe und Kiefer, nicht aber in der Grasstreu von *Glyceria maxima* fungistatische Substanzen fand, Untersuchungen über den Gehalt des herbstlichen Laubes an antibiotischen Stoffen. Aber erst wenn diese Lücke geschlossen ist, werden wir genauere Aussagen über die Bedeutung dieser pflanzlichen Hemmungsstoffe für die Bodenmikroben und die durch sie beeinflußten Bodenbildungsprozesse machen können.

Wir verglichen daher die bakteriostatische Wirkung mehrerer hundert Pflanzenarten im grünen Laub und in der Blattstreu. Die Mazerate wurden gegen *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* und *Bacillus subtilis* vermittels des Diffusionstestes auf Hemmungsstoffe und fördernde Substanzen (Nährboden: Peptonagar mit 0,5% „Pepton Witte" und 0,3% Fleischextrakt bei p_H 7,4) untersucht. Sorgfältiges Einfüllen der sehr trocknen, aber nach Möglichkeit nicht mit Wasser verdünnten Laubstreumazerate (gleichmäßiger Kontakt mit dem Agarrand!) ist Vorbedingung für das Gelingen solcher Versuche.

Wie die Tabelle 1 erkennen läßt, die auszugsweise die Resultate wiedergibt, sind Hemmungsstoffe in der Laubstreu nicht minder verbreitet als in den turgeszenten Blättern. Die Beziehungen zwischen dem Gehalt der frischen Blätter und der Laubstreu an Hemmungsstoffen lassen sich etwa nach dem folgenden Schema zusammenfassen:

1. Die antibiotische Wirkung verschwindet mit dem Absterben der Blätter, so bei *Stachys alpina* (Alpenziest), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), *Ribes sanguineum* (Johannisbeere), *Cercis siliquastrum* (Judasbaum), *Hemerocallis* (Taglilie), *Plumbago europaea* (Bleiwurz).

2. Die antibiotische Wirkung nimmt stark ab, ein gewisser Effekt bleibt aber erhalten wie bei *Ajuga reptans* (kriechender Gunsel), *Asarum canadense* (Haselwurz), *Valeriana sambucifolia* (Baldrian), *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Plantago media* (Wegerich), *Lonicera periclymenum* (Geißblatt), *Empetrum nigrum* (Krähenbeere), *Leycesteria formosa*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Cheiranthus cheiri* (Goldlack).

3. Die antibiotische Wirkung vermindert sich in der Laubstreu kaum oder bleibt unverändert wie bei *Fragaria vesca* (Erdbeere), *Vaccinium vitis idaea* (Heidelbeere), *Calluna vulgaris* (Heidekraut), *Liriodendron tulipifera* (Tulpenbaum), *Ligustrum vulgare* (Liguster), *Lavandula officinalis* (Lavendel), *Arctostaphylus uva ursi* (Bärentraube).

4. Dem Schwund der im turgeszenten Blatt vorhandenen Hemmungsstoffe steht eine Neubildung von Substanzen mit anderen Wirkungsspektren gegenüber, so bei *Scrophularia vernalis* (Braunwurz), *Apium graveolens* (Sellerie), *Clematis vitalba* (Waldrebe). Besonders auffallend ist dieser Wechsel bei *Clematis vitalba*, da die leicht flüchtigen Hemmungsstoffe völlig verschwinden und nichtflüchtige Antibiotica mit anderen Hemmungsbereichen auftreten.

5. Eine schon im grünen Blatt vorhandene Hemmungswirkung verstärkt sich beim Vergilben, so bei *Ruta graveolens* (Raute), *Iberis sempervirens* (Schleifenblume), *Epimedium alpinum* (Sockenblume), *Lupinus polyphyllus* (vielblättrige Lupine), *Chrysanthemum macrophyllum* (großblättrige Wucherblume), *Matricaria inodora* (Hundskamille), *Horminum pyrenaicum* (Drachenmaul).

6. Die antibiotischen Stoffe treten überhaupt erst mit dem Verwelken in Erscheinung, so bei *Ledum palustre* (Sumpfporst), *Conium maculatum* (Schierling), *Asperugo procumbens* (Schärfling), *Morus alba* (Maulbeerbaum). Auch *Scrophularia vernalis*, *Apium graveolens* und *Clematis vitalba* gehören in diese Gruppe.

Die Mannigfaltigkeit der Effekte erhöht und die Verschiebung der Wirkungsspektren beim Vergilben verstärkt sich weiter, wenn man die synergistischen Einflüsse in die Betrachtung einbezieht: Förderung schlägt in Hemmung um (*Apium graveolens* gegenüber *Escherichia coli* oder *Lupinus polyphyllus* gegenüber *Bacillus subtilis*) oder umgekehrt (*Valeriana sambucifolia* gegenüber *Escherichia coli*).

Die ausgeprägte Spezifität der Wirkungsspektren für jede Pflanze zeigt, daß es sich bei den Hemmungsstoffen in der verschiedenen Blattstreu insgesamt nicht um identische Substanzen handelt. Diese Feststellung schließt natürlich nicht aus, daß auffallende Übereinstimmungen, wie wir sie etwa bei den *Ericaceen* finden, auf eine gleichartige stoffliche Grundlage zurückzuführen sind. Eine solche gemeinsame stoffliche Basis der Hemmungswirkung finden wir insbesondere bei *Plumbago europaea* (Bleiwurz) und *Ceratostigma plumbaginoides*. Es handelt sich um das Plumbagin (2-methyl-5-hydroxy-1,4-naphthachinon), das infolge seiner Flüchtigkeit unverhältnismäßig große Hemmungshöfe erzeugt, wie das schon von WINTER und WILLEKE für *Clematis vitalba* beschrieben wurde. Beim Vergilben der Blätter im Herbst verschwindet das Plumbagin aus den Blättern von *Plumbago europaea* völlig, während es sich in der Blattstreu von *Ceratostigma plumbaginoides* in kaum verringerter Konzentration nachweisen läßt, so daß hier mit dem Laub nicht unbeträchtliche Mengen hochwirksamer und leicht flüchtiger Hemmungsstoffe in den Boden gelangen. Hier mag schließlich vermerkt werden, daß auch das stark antibiotische Cheirolin ($C_5H_9O_2NS_2$) in der Blattstreu des Goldlacks in beträchtlichen Mengen enthalten ist.

Wir haben also eine Fülle spezifischer Hemmungsstoffe und auch fördernder Substanzen vor uns, die bei Einbringen einer bestimmten Blattstreu in den Boden oder ihrer Verwesung auf der Erde eine in fast jedem Falle spezifische Mikroflora und damit spezifische Umsetzungen und Bodenbildungsprozesse hervorrufen müssen. Bei Verwendung anderer Testmikroben, insbesondere typischer Bodenorganismen, wird diese Spezifität nach unseren Erfahrungen noch deutlicher und eindrucksvoller hervortreten. Das kommt auch in der Unwirksamkeit der hier zum Teil nicht aufgeführten Blattstreu von Eichen, Buchen, Birken, Ahorn in unseren Testen zum Ausdruck, während sie ja doch in den Untersuchungen von MELIN starke fungistatische Effekte entfalteten. Auch Blattstreu von Trauerweiden, Erlen, Walnuß, Roßkastanien, Linden und Haselnuß erwies sich in unseren Testen als nicht bakteriostatisch, was ihre Hemmungswirkung gegen andere Bakterien oder Pilze nicht ausschließt.

Auffallend ist die kräftige antibiotische Wirkung der *Ericaceen*blattstreu, so von *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis idaea*, *Calluna vulgaris*, *Arctostaphylus uva ursi* und *Empetrum nigrum*. Sie hemmen sehr deutlich alle drei Testorganismen — eine an sich seltene Erscheinung. — Es erscheint lohnend, den Zusammenhang zwischen der Rohhumusbildung und dem Gehalt an Antibioticis zu untersuchen. Ein — an sich sehr

Tabelle 1.

Pflanzenart	Zustand des Blattes	Hemmung bzw. Förderung von		
		Bac. subt.	Esch. coli	Staph. aur.
Zu 1. Cercis siliquastrum	grün	2	7	5
Cercis siliquastrum	vergilbt	+	0	0
Stachys alpina	grün	+	+	2
Stachys alpina (H_2O)	vergilbt	0	+	0
Acer pseudoplatanus	grün	1	1	6
Acer pseudoplatanus	vergilbt	+	+	0
Ribes sanguineum	grün	++	++	5
Ribes sanguineum	vergilbt	0	0	0
Hemerocallis (fulva?)	grün	+++	++	40
Hemerocallis (fulva?)	vergilbt	+	++	0
Plumbago europaea	grün	7	3	14
Plumbago europaea	vergilbt	+	+	0
Zu 2. Ajuga reptans	grün	3	5	6
Ajuga reptans	vergilbend	1	1	2
Asarum canadense	grün	5	+++	8
Asarum canadense	vergilbend	0	+	7
Valeriana sambucifolia	grün	4	5	9
Valeriana sambucifolia	vergilbt	+	++	6
Carpinus betulus (H_2O)	grün	+++	++	3
Carpinus betulus (H_2O)	vergilbt	+	+	1
Plantago media	grün	4	+	2
Plantago media	vergilbt	2	+	0
Lonicera periclymenum	grün	3	4	6
Lonicera periclymenum	vergilbt	0	2	4
Empetrum nigrum	grün	4	3	6
Empetrum nigrum (H_2O)	vergilbt	2	2	4
Leycesteria formosa	grün	6	5	6
Leycesteria formosa	vergilbt	1	0	2
Ceratostigma plumbaginoides	grün	10	5	19
Ceratostigma plumbaginoides	vergilbt	7	6	15
Cheiranthus cheiri	grün	8	10	12
Cheiranthus cheiri	vergilbt	4	6	7
Zu 3. Fragaria vesca	grün	+	2	2
Fragaria vesca	vergilbt	+	1	2
Vaccinium vitis idaea	grün	2	4	8
Vaccinium vitis idaea	vergilbt	2	5	4
Calluna vulgaris	grün	+	2	2
Calluna vulgaris (H_2O)	vergilbt	2	3	2
Liriodendron tulipifera	grün	9	+++	8
Liriodendron tulipifera	vergilbt	8	0	8
Ligustrum vulgare	grün	+	+	5
Ligustrum vulgare	vergilbt	+	+	4
Lavandula officinalis	grün	+++	++	4
Lavandula officinalis	vergilbt	+++	++	3
Arctostaphylus uva ursi	grün	4	0	2
Arctostaphylus uva ursi	vergilbt	2	0	2
Zu 4. Scrophularia vernalis	grün	+	+++	3
Scrophularia vernalis	vergilbt	1	0	0
Apium graveolens	grün	+	++	2
Apium graveolens (H_2O)	vergilbt	4	3	1
Clematis vitalba	grün	50	50	50
Clematis vitalba	vergilbt	2	0	4
Zu 5. Ruta graveolens	grün	5	+++	5
Ruta graveolens	vergilbend	5	+++	8
Iberis sempervirens	grün	2	+++	3
Iberis sempervirens	vergilbt	4	++	4
Epimedium alpinum	grün	+	+++	3
Epimedium alpinum	vergilbt	1	+	4
Lupinus polyphyllus	grün	++	+++	3
Lupinus polyphyllus (H_2O)	vergilbt	3	++	8
Chrysanthemum macrophyllum	grün	++	++	1
Chrysanthemum macrophyllum	vergilbt	2	0	3
Matricaria inodora	grün	1	1	3
Matricaria inodora	vergilbt	5	4	5
Matricaria inodora (Blüten)	—	4	3	6
Horminum pyrenaicum	grün	4	++	2
Horminum pyrenaicum	vergilbt	6	4	3
Zu 6. Ledum palustre	grün	0	0	0
Ledum palustre	vergilbt	3	5	2
Conium maculatum	grün	+++	+++	+
Conium maculatum (H_2O)	vergilbt	0	++	4
Asperugo procumbens	grün	+	+++	0
Asperugo procumbens	vergilbt	2	++	8
Morus alba (H_2O)	grün	+++	++	0
Morus alba (H_2O)	vergilbt	+	+++	2

Die Zahlen geben die Hemmungsradien in mm. + = geringe Förderung; ++ = beträchtliche Förderung; +++ = starke Förderung; 0 = Wirkungslosigkeit; H_2O = geringer Wasserzusatz zum Mazerat.

naheliegender — Zusammenhang zwischen Arbutingehalt und Hemmungswirkung ist für die *Ericaceen* allerdings nicht nachweisbar. So enthält *Arctostaphylus uva ursi* 9%, *Vaccinium vitis idaea* dagegen nur 7% Arbutin bei viel kräftigerer antibiotischer Wirkung und Ausdehnung des Spektrums auf *Escherichia coli*. Weiterhin enthalten auch die nur gegenüber *Staphylococcus aureus* sehr schwach antibiotisch wirksamen Birnenblätter bis 4,7% Arbutin. Mit einer Aufspaltung des Glykosids unter Freisetzung von Hydrochinon, wie sie bei der therapeutischen Verwendung von Bärentraubentee bei Cystitis angenommen wird, ist daher unter den vorliegenden Versuchsbedingungen kaum zu rechnen.

Untersuchungen über den Einfluß der Blattstreumazerate auf die Keimung höherer Pflanzen sind eingeleitet.

Hingewiesen sei schließlich auf das im Verlaufe dieser Untersuchungen hervorgetretene Fehlen jeglicher antibiotischer Wirkungen in den grünen Blättern fast aller unserer Kulturpflanzen (Runkel, Wirsing, Rotkohl, Zuckerrüben, Karotten, Klee, Spinat, Kohlrabe, Bohnen). Lediglich die im Volksmund als besonders gesund geltenden Zwiebeln und Sellerie zeigen kräftige antibiotische Wirkungen.

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Wirtschaftsministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Universität Bonn, Zülpicherstraße 13.

A. G. Winter und Lisel Willeke.

Eingegangen am 28. November 1951.

[3]) Winter, A. G., u. Lisel Willeke: Naturwiss. **38**, 262 (1951); **38**, 354, 457 (1951).
[2]) Osborn, E. M.: Brit. J. Exper. Path. **24**, 227 (1943).
[3]) Freerksen, E., u. K. Bönicke: Z. Hyg. **132** (1951).
[4]) Melin, E.: Symb. Bot. Upsal. **8**, 3 (1946).

Über den Nukleinsäuregehalt in malignen Geschwülsten.

Den Untersuchungen Casperssons[1]) danken wir die genauere Kenntnis der Nukleoproteide im biologischen Geschehen der Zelle. Jegliche Proteinsynthese beim Wachstum, bei der Zellteilung und der sekretorischen Eiweißproduktion ist an die Nukleinsäuren als prosthetische Gruppe der Nukleoproteide gebunden.

Nach der Casperssonschen Theorie bestehen in der Zelle zwei eiweißproduzierende Systeme, die an bestimmte Kernstrukturen gebunden sind. Das euchromatische thymonukleinsäurehaltige System bewirkt den Umbau und Aufbau der Chromosomeneiweißkörper bei der Zellteilung, während das heterochromatische System über das Chromozentrum und den Nukleolus die Zytoplasmaeiweißkörper mit Hilfe der Ribonukleinsäure aufbaut. Der Funktionszustand des heterochromatischen Systems kann an der Größe des Nukleolus und dem Gehalt an Ribonukleinsäure im Zytoplasma abgelesen werden. Die Geschwulstzellen zeichnen sich nach Casperssonn durch ein gereiztes heterochromatisches proteinbildendes System aus und enthalten mehr Ribonukleinsäure im Zytoplasma als normale Zellen. Die Ursache der malignen Entartung der Geschwulstzelle sieht Casperssonn in einer Enthemmung des normalerweise das Wachstum der Zelle regulierenden heterochromatischen Systems, wobei die primäre Störung im Chromozentrum gelegen sein soll. Die Chromosomenstörung in der Geschwulstzelle ist nach Casperssonn Folge der Funktionsstörung im heterochromatischen System.

Auf Grund eigener quantitativer Untersuchungen über den Nukleinsäuregehalt verschiedener Tumoren mit Hilfe einer färberischen photoelektrischen Methode kamen wir zu anderen Schlüssen. Der Nukleinsäuregehalt der Geschwulst-

zellen wurde mit dem des entsprechenden Normalorgans verglichen.

Unsere Untersuchungen ergaben folgende Resultate:

I. In 14 Fällen verhornter und nicht verhornter Plattenepithelkarzinome, die nach der CASPERSSONschen Zelleinteilung ausgewertet und mit verschiedenen Schichten eines normalen, nicht verhornten Plattenepithels verglichen wurden, enthielten (s. Fig. 1):

1. A-Zellen (Zellen in der Außenschicht von Karzinomzellsträngen) nur in 2 von 5 Fällen statistisch einwandfrei

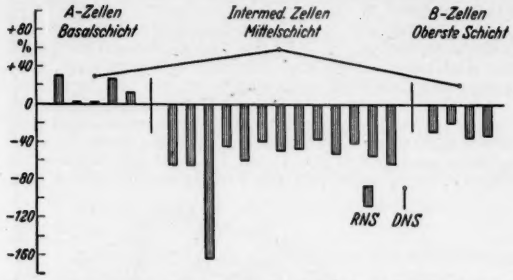


Fig. 1. Prozentuale Abweichung des Gehaltes an DNS und RNS von Plattenepithelkarzinomen (A-, Intermediär- und B-Zellen) gegenüber der Basal-, Mittel- und obersten Schicht eines normalen Epithels. Basisstrich gleich Menge DNS und RNS im Normalorgan.

mehr Ribonukleinsäure als die Zellen der Basalschicht eines normalen Epithels.

2. Intermediär- und B-Zellen (mittlere und innere Schicht von Karzinomzellsträngen) erheblich weniger Ribonukleinsäure als die Zellen einer Mittel- oder oberen Schicht des normalen Epithels.

3. Alle Karzinomzellen mehr Thymonukleinsäure als die Zellen des normalen Epithels.

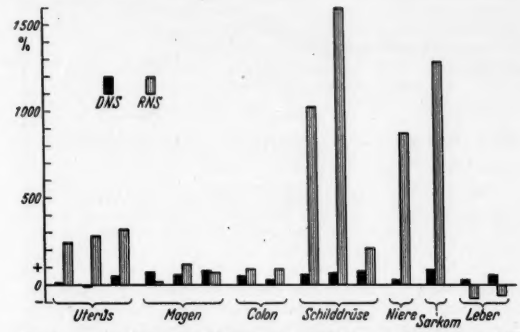


Fig. 2. Prozentuale Abweichung des Gehaltes an DNS und RNS verschiedener Tumoren vom entsprechenden Normalorgan. Basisstrich gleich Menge DNS und RNS im jeweilig entsprechenden Muttergewebe.

II. Kleinzellige Bronchialkarzinome (5 Fälle) wiesen einen geringeren Thymo- und Ribonukleinsäuregehalt auf als die Basalschicht eines normalen Epithels.

III. Die Auswertung des Nukleinsäuregehaltes der Zellen von Adenokarzinomen (8 Fälle), Leberzellkarzinomen (2 Fälle), Schilddrüsenkarzinomen (3 Fälle), Nierenkarzinom (1 Fall) und Spindelzellensarkom (1 Fall) ergab im Vergleich zum Normalgewebe (s. Fig. 2):

1. Fast alle Tumoren enthalten mehr Thymonukleinsäure je Zelle als das Normalgewebe.

2. Der Ribonukleinsäuregehalt ist in Adenokarzinomen erhöht, besonders aber in Schilddrüsenkarzinomen, im Nierenkarzinom und Sarkom.

3. Leberzellkarzinome weisen einen geringeren Ribonukleinsäuregehalt auf als das schon normalerweise ribonukleinsäurereiche Lebergewebe.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen erlauben uns folgende Schlüsse:

1. Die Geschwulstzelle ist durch einen quantitativ und wahrscheinlich auch qualitativ gestörten Nukleinsäurestoffwechsel ausgezeichnet, der in einer Überfunktion (Ribo- und Thymonukleinsäurevermehrung) oder einer Unterfunktion (Verminderung beider Nukleinsäuren) zum Ausdruck kommt.

2. Daraus folgt, daß der das Zellwachstum und die Einordnung der Zelle in das Gefüge des Organismus regulierende Faktor ebensogut im heterochromatischen wie im euchromatischen proteinbildenden System gelegen sein kann.

3. Die quantitativen Nukleinsäurebestimmungen erlauben keine Aussagen über den Wachstumsgrad einer Geschwulst. Die Teilungsrate der Geschwulstzelle, d. h. die Geschwindigkeit des Wachstums eines Tumors ist nicht von dem Gehalt an Nukleinsäure abhängig.

Die ausführliche Mitteilung der Ergebnisse und der Technik erscheint demnächst in der Frankfurter Zeitschrift für Pathologie und Zeitschrift für Wissenschaftliche Mikroskopie.

Aus dem Senckenbergischen Pathologischen Institut der Universität Frankfurt a. M., (Direktor Prof. Dr. A. LAUCHE.)

W. SANDRITTER.

Eingegangen am 27. November 1951.

[1]) CASPERSSON, T.: Skand. Arch. Physiol. (Berl. u. Lpz.) **73**, Suppl. 8 (1936). — Naturwiss. **29**, 29, 33 (1941). — Acta radiol. (Stockh.) Suppl. **46** (1942).

Über die Bedeutung von Carotin und Riboflavin für die Lichtreizaufnahme bei Pflanzen.

Die neuesten Ergebnisse der Wuchsstofforschung erfordern eine neue Beurteilung der phototropischen Bewegungen. Die in vitro nachgewiesene Photoinaktivierung des Auxin-a-Lactons in Gegenwart von Carotin als Sensibilisator[1]) ist nicht mehr ausreichend für die Erklärung des Phototropismus, soweit Auxine beteiligt sind, denn der Hauptwuchsstoff der höheren Pflanzen dürfte die β-Indolylessigsäure (IES) sein. Das trifft speziell auch für die *Avena*koleoptile (Haferkeimscheide) zu[2]). Die beim Phototropismus beobachteten Wuchsstoffinaktivierungen [bis 60%[3])] können auch im günstigsten Fall nur zum geringsten Teil auf der lichtbedingten Umwandlung von Auxin-a-Lacton zu Lumiauxon beruhen. GALSTON[4]) konnte die lichtbedingte und durch Riboflavin sensibilisierte Inaktivierung der IES und des Diffusionsauxins der Avenakoleoptile in vitro nachweisen. Dieses experimentelle Ergebnis bestätigte eine Vermutung BÜNNINGS[5]), der auf Grund theoretischer Erwägungen neben dem Carotin einen entscheidenden Anteil gelber Oxydationsfermente bei der lichtbedingten Inaktivierung von Auxinen und überhaupt bei pflanzlichen Lichtreizreaktionen annahm. Es bestehen aber noch Widersprüche zwischen den bekannten phototropischen Wirkungsspektren im Dunkeln aufgewachsener Pflanzen, die mehr für eine entscheidende Absorption im Carotin sprechen könnten, und dem Absorptionsspektrum des Riboflavins: Die langwellige UV-Strahlung ist reizphysiologisch meist weniger wirksam als die blauviolette Strahlung, und die spektralen Wirkungskurven beim Phototropismus zeigen die für Carotin (im Gegensatz zum Riboflavin) charakteristische Mehrgipfligkeit.

Zur Klärung dieser Widersprüche wurde zuerst das Verhalten von IES mit Carotin als Sensibilisator in wäßrigen Lösungen untersucht. Als Test diente eine modifizierte Form der SALKOWSKY-Reaktion[6]). Bei β-Carotinkonzentrationen zwischen 1×10^{-6} bis 5×10^{-5} g/cm³ und IES-Konzentrationen in genau dem gleichen Bereich war bei den verschiedensten Zusammensetzungen des Reaktionsgemisches, sowohl gepuffert (p_H 7) wie ungepuffert, in weißem Soffittenlicht einer Intensität von 2000 Lux keine Inaktivierung der IES festzustellen. Das gleiche Ergebnis brachten Untersuchungen mit Carotinoidepoxyden, die wegen der „epoxydischen" Bindung des Sauerstoffs[7]) reaktionsfähiger als Carotin sein konnten. Da sich die Absorptionskurven von Riboflavin und Carotin im sichtbaren Teil des Spektrums stark ähneln, besteht nur eine geringe theoretische Möglichkeit der Energieübertragung zwischen diesen beiden Körpern[8]). Bei Überprüfung der lichtbedingten IES-Inaktivierung im Gemisch Riboflavin–Carotin zeigte sich keine Förderung der Riboflavinwirkung, sondern überraschenderweise eine starke Hemmung. Bei einem IES-Gehalt von 2×10^{-5} g/cm³ und Konzentrationen des Carotins von 5×10^{-5} g/cm³ und des Riboflavins von 4×10^{-6} g/cm³ wird die durch Riboflavin normalerweise in 1 Std verursachte 100%ige IES-Inaktivierung auf 5% reduziert, bei gleichem Reaktionsgemisch und einer Riboflavinkonzentration von 2×10^{-6} g/cm³ die sonst eintretende 70%ige Inaktivierung jedoch vollkommen verhindert. Wird im gleichen Gemisch die Riboflavinkonzentration erhöht, so tritt entsprechend dem Verhältnis des Carotin-Riboflavin-Gehaltes eine 10 bis 60%ige Abschwächung der IES-Inaktivierung ein. Damit ist gezeigt,

daß der vom Carotin absorbierte Teil der Strahlung für den untersuchten Vorgang photochemisch unwirksam ist; der Abbau der IES wird gehemmt, weil die im Riboflavin absorbierte Strahlung geringer wird.

Eine weitere Klärung des Problems bringen Untersuchungen an einem *Phycomyces*stamm, der in einem Nährmedium auf Glukosebasis Carotin bildet, bei dem aber ein Substrat auf Lactatbasis die Carotinbildung unterdrückt[9]), so daß nur Riboflavin den Lichtreiz absorbieren kann. Nach den bisherigen Beobachtungen bei der Aufzucht im Tageslicht ist der carotinfreie Pilz anscheinend phototropisch empfindlicher als der carotinhaltige.

Bei *Phycomyces* ist also das Carotin bei der Lichtreizaufnahme wohl nur störend; so würde auch die für diesen Pilz gefundene eingipflige spektrale Wirkungskurve[10]) erklärbar werden. Anders steht es bei der Avenakoleoptile; das Riboflavin ist hier gleichmäßig über das ganze Organ verteilt (Riboflavingehalt 30 γ je g Trockengewicht). Die extrem starke phototropische Empfindlichkeit der Koleoptilspitze wird aber offenbar durch die nur in dieser Zone vorkommende hohe Carotinkonzentration bedingt. Die Absorption des Carotins kann entscheidend wichtig werden, weil ohne sie nur ein geringer Intensitätsabfall der blauvioletten Strahlung in der Koleoptile entsteht. Das Carotin dürfte für die Herstellung eines ansehnlichen Gefälles dieser Strahlung verantwortlich sein und dadurch den Unterschied der Absorption im Riboflavin auf Licht- und Schattenseite ausreichend groß werden lassen. So müßte Carotin für den Phototropismus mancher Objekte unerläßlich werden. Nur so kann sich auch die Mehrgipfligkeit der spektralen Wirkungskurven erklären, obwohl möglicherweise nur dem Riboflavin die sensibilisierende Wirkung zukommt. Der Unterschied zwischen den phototropischen Wirkungsspektren und der Absorptionskurve des Riboflavins im Bereich von Wellenlängen unter 410 mμ muß eine Folge der in diesem Teil des Spektrums stark ansteigenden Absorption in der Zellwand sein. Es gibt Objekte ohne Zellulosewand bzw. mit sehr dünner Wand, bei denen die spektrale Wirkungskurve der Lichtreize tatsächlich der bei Reizaufnahme im Riboflavin zu erwartenden Wirkung im Ultraviolett entspricht [vgl. [5]]. Daneben bleibt natürlich die Möglichkeit bestehen, daß bei anderen Lichtreizreaktionen, speziell wenn IES nicht entscheidend beteiligt ist, Carotin auch direkt wichtig wird, indem seine eingangs erwähnte nachgewiesene Sensibilisatorwirkung eintritt.

Botanisches Institut der Universität Tübingen.

J. Reinert.

Eingegangen am 24. November 1951.

[1]) Kögl, F., u. G. A. Schuringa: Z. physiol. Chem. **280**, 148 (1944).
[2]) Reinert, J.: Z. Naturforschg. **5b**, 374 (1950).
[3]) Oppenoorth, W. F. F.: Rec. Trav. bot. néerl. **38**, 287 (1941).
[4]) Galston, A. W., u. R. S. Baker: Amer. J. Bot. **36**, 773 (1949).
[5]) Bünning, E.: Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze, S. 160 u. 343. 1948.
[6]) Tang, Y. W., u. J. Bonner: Arch. of Biochem. **13**, 11 (1947).
[7]) Karrer, P., u. E. Jucker: Carotinoide, S. 68. 1948.
[8]) Förster, Th.: Naturwiss. **33**, 166 (1946).
[9]) Schopfer, W. H. u. Mitarb.: Experientia **6**, 419 (1950); **7**, 218 (1951).
[10]) Bünning, E.: Planta (Berl.) **27**, 583 (1937).

Die „Copula" der Collembolen (Springschwänze).

Die Collembolen sind die individuenreichste und weitest verbreitete Gruppe unter den Insekten. Viele Arten von ihnen sind außerdem leicht zu halten und zu züchten. Mehrere Arten wurden bereits mit Erfolg gezüchtet. Trotzdem war es bis jetzt nicht gelungen, den Begattungsvorgang bei ihnen exakt und vollständig zu beobachten. Dies gilt für die Symphypleonen (= Kugelspringer), bei denen die Männchen mancher Arten durch Klammerantennen ausgezeichnet sind, noch mehr aber für die langgestreckten Arthropleonen, bei denen sich Männchen und Weibchen äußerlich kaum unterscheiden. Ihnen fehlen äußere und innere Kopulationsorgane völlig. Dies ließ erwarten, daß hier recht interessante Kopulationsverhältnisse vorliegen.

Zur Beobachtung wurden anfangs Oktober etwa 100 Individuen von *Orchesella villosa* in feuchtgehaltenen, glasgedeckten Gipskammern von 3 bis 4 cm³ Inhalt bei Zimmertemperatur isoliert und mit Brot und Pleurococcus-bewachsenen Rindenstückchen gefüttert. Die negative Phototaxis der Tiere wurde durch Gewöhnung an Dauerbeleuchtung ausgeschaltet, so daß sie bald auch in dem starken Licht, das zur Beobachtung mit dem Binokular nötig ist, normales Verhalten (Putzen, Fressen usw.) zeigten. Eine morphologische Unterscheidung der Männchen und Weibchen wurde zunächst bewußt nicht vorgenommen, um das Paarungsverhalten unvoreingenommen studieren zu können. Die durchschnittlich 7 Wochen lang isolierten Tiere, welche sich mehrmals gehäutet hatten, wurden sodann paarweise oder auch zu mehreren in besonderen Kammern zusammengesetzt. Es zeigte sich folgendes:

1. Ein Teil der Tiere lief aufgeregt mit den Antennen trillernd umher und betupfte von Zeit zu Zeit mit der Spitze des Abdomens den Boden. Außerdem bewegten diese Tiere gelegentlich den Kopf rasch und heftig hin und her.

2. Der andere Teil der Tiere verhielt sich im allgemeinen ruhiger, stieß aber gerne durch plötzliches ruckartiges Vorlaufen andere Tiere von ihrem Platze. Dann liefen die Individuen dieser Gruppe den Tieren der 1. Gruppe längere Zeit hindurch nach, wobei sie ihren Vorderkörper möglichst hoch

Fig. 1. Männchen von *Orchesella villosa* unmittelbar nach dem Absetzen einer Spermatophore. Länge des Spermatophorenstieles 0,18 bis 0,26 mm. Durchmesser des Samentropfens 0,03 bis 0,05 mm.

emporhoben, während sie die Spitze ihres Abdomens gegen den Boden drückten und so dieselbe auf dem Boden dahinschleiften, im Laufen gleichsam einen „Buckel" machend.

Die Individuen der 1. Gruppe erwiesen sich als Männchen (Fig. 1). Beim Betupfen des Bodens setzten sie jedesmal eine primitive, gestielte Spermatophore ab. Die Individuen der 2. Gruppe waren die Weibchen (Fig. 2). Sie legten bald Eier, aus denen lebensfähige Junge schlüpften.

Fig. 2. Weibchen von *Orchesella villosa* in der Haltung, die es beim Abstreifen der Spermatophoren einnimmt.

Die Übertragung des Samens geschieht also in der Weise, daß die Männchen gestielte Spermatophoren absetzen, welche von den nachlaufenden Weibchen mit der Vulva abgestrichen werden. Die Spermatophoren sind eigentlich nur Spermatröpfchen, welche auf festen hyalinen Stielen sitzen. In Zimmerluft wird die Oberfläche der Tröpfchen trocken und fest. Bei Hinzutritt von Wasser platzen sie sofort. Die austretenden Spermien bewegen sich aber nur dann längere Zeit aktiv, wenn dem Wasser ein frisches Ei beigegeben wird. Ist das Ei älter, verlieren sie ihre Beweglichkeit rasch. Die Größe der Spermien beträgt etwa 0,003 bis 0,004 mm.

Die Spermatophoren platzen normalerweise bei Berührung mit der feuchten Vulva des Weibchens. Die Spermien dringen dann vermutlich aktiv durch die Vagina zu den Eiern vor. Ein einziges Männchen kann über 100 solcher Spermatophoren absetzen. Stößt es hierbei gelegentlich auf eine schon abgesetzte Spermatophore, so betastet es dieselbe heftig mit den Antennen, wobei es in der oben beschriebenen Weise den Kopf schüttelt. Anschließend frißt es oft die Spermatophore auf. Die Weibchen fressen die Spermatophoren nicht.

Die indirekte Art der Samenübertragung bei den arthropleonen Collembolen steht wohl einzigartig innerhalb des Insektenreiches da. Vermutlich wurde sie bis jetzt übersehen, weil die Tiere sie normalerweise nur im Dunkeln vornehmen. Diese Schwierigkeit ist im vorliegenden Falle durch Gewöhnung an Dauerbeleuchtung umgangen worden.

Eine ausführliche Beschreibung der noch in Gang befindlichen Untersuchungen wird an anderer Stelle erfolgen.

Zoologisches Institut der Universität Mainz.

Friedrich Schaller.

Eingegangen am 6. Dezember 1951.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie

Unter Mitwirkung von Prof. Dr. **C. W. Correns,** Göttingen, Prof. Dr. **F. K. Drescher-Kaden,** München, und Prof. Dr. **H. Steinmetz,** München. Herausgegeben von Prof. Dr. **O. H. Erdmannsdörffer,** Heidelberg. Die „Beiträge" erscheinen in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften, die zu Bänden vereinigt werden.

Erster Band

Heft 1. Mit 62 Textabbildungen. 120 Seiten. 1947. DM 14.60

Heft 2/3. Mit 109 Textabbildungen und 1 Tafel. 220 Seiten. 1948. DM 26.—

Heft 4. Mit 85 Textabbildungen, 9 Diagrammen, 1 petrographischen Karte und 6 Tafeln im Text. 174 Seiten. 1948. DM 19.60

Heft 5/6. Mit 65 Textabbildungen und 20 Diagrammen. 207, IV Seiten. 1949. DM 28.60

Zweiter Band

Heft 1/2. Mit 31 Textabbildungen und 3 Diagrammen. 188 Seiten. 1949. DM 29.60

Inhaltsverzeichnis: Das Keratophyr-Weilburgit-Problem. Von E. Lehmann, Gießen. — Eine Differenzmethode zur Erhöhung der Meßgenauigkeit und Erweiterung des Meßbereiches normaler Drehkompensatoren. Von R. Mosebach, Tübingen. — Ein einfaches Verfahren zur Erhöhung der Meßgenauigkeit kleiner optischer Gangunterschiede. Von R. Mosebach, Tübingen. — Bemerkungen zur Zwillingsbildung bei Plagioklasen. Von E. Nickel, Heidelberg.

Heft 3. Mit 41 Textabbildungen. 80 Seiten. 1950. DM 19.60

Inhaltsverzeichnis: Über den Schwermineralgehalt der von P. Sabban untersuchten Heidesandproben. Von H. Schumann, Göttingen. — Neue Mineralvorkommen aus den Ostalpen. Von H. Meixner, Hüttenberg. — Chemische Untersuchungen an devonischen Dolomiten des Bergzuges Plabutsch-Buchkogel bei Graz. Von J. Hanselmayer, Graz-Eggenberg. — Übermikroskopische Untersuchung von Zinkoxyden. Versuch einer Ultra-Mikromorphologie. Von H. Strunz, Regensburg, und R. Meldau, Harsewinkel in Westf. — Die nichtkarbonatischen Bestandteile des Göttinger Muschelkalkes mit besonderer Berücksichtigung der Mineralneubildungen. Von H. Füchtbauer, Mölme. — Über Spaltbarkeit und Kristallstruktur. Von H. G. F. Winkler, Göttingen.

Heft 4. Mit 45 Textabbildungen. 114 Seiten. 1950. DM 32.80

Inhaltsverzeichnis: Über den Nachweis von echtem Leverrierit in Tonsteinen aus unterkarbonischen Steinkohlenflözen von Dobrilugk. Von A. Schüller und H. Grassmann, Berlin. — Über einen ungewöhnlichen Saponit von Raschau i. Sa. Mineralogische, bodenphysikalische und lagerstättenkundliche Untersuchungen. Von A. Schüller, R. Köhler, Berlin und H. Reh, Jena. — Die Lagerstätte von Broken Hill in New South Wales im Lichte der neuen geologischen Erkenntnisse und erzmikroskopischer Untersuchungen. Von P. Ramdohr, Heidelberg. — Die Entwicklung und jetzige Stellung des Granitproblems. Von O. H. Erdmannsdörffer, Heidelberg. — Der Feldspatbasalt des „Hohen Hagen" bei Dransfeld. Von K. H. Wedepohl, Göttingen.

Heft 5. Mit 34 Textabbildungen. 94 Seiten. 1951. DM 28.60

Inhaltsverzeichnis: Zum Thema Magmagestein und Magma. Von E. Lehmann, Gießen. — Die Tonsteine aus den Steinkohlenflözen von Dobrilugk und ihre Entstehung. Von A. Schüller, Berlin. — Gedrillte Asteriten im Rosenquarz und Granat. Von W. Maier, Bernau i. Obb. — Eine Methode zur Bestimmung des wahren Winkels der optischen Achsen und des mittleren Hauptberechnungsquotienten zweiachsiger Minerale im Dünnschliff. Von R. Mosebach, Tübingen. — Die Bestimmung des optischen Schwerpunktes von Glühlicht-Filter-Kombinationen. Von R. Mosebach, Tübingen. — Die Tufflagen des Rammelsberges bei Goslar. Von E. Kraume, Goslar und K. Jasmund, Göttingen. — Über den Mineralbestand und die Entstehung einiger sedimentärer Eisenerze des Lias γ. Von H. Harder, Göttingen.

Heft 6. Mit 26 Textabbildungen. 83 Seiten. 1951. DM 26.80

Inhaltsverzeichnis: Über die Zusammenhänge zwischen Porosität, Permeabilität und Korngröße bei Sanden und Sandsteinen. Von W. v. Engelhardt und H. Pitter, Hannover. — Der Chemismus oberdevonischer Flaserkalke des Gaisberges bei Graz. Mit einem Ausblick auf die Frage: Bei welchen Mindestmengen von Magnesiumkarbonat tritt in Kalksteinen Dolomitbildung auf? Von J. Hanselmayer, Graz. — Über Verwitterungsbildungen des Brockengranits nördlich St. Andreasberg. Von H. Piller, Göttingen. — Über den Schwermineralgehalt von anstehendem und verwittertem Brockengranit nördlich St. Andreasberg. Von H. Piller, Göttingen. — Hochtemperatur-Plagioklas im Meteorit von Oldenburg. Von E. Preuß, München. — Statistische Messungen zur sog. Drusenregel. Von E. Nickel, Münster und G. Frenzel. — Apparative Bemerkungen zu Messungen nach dem Drehtischprinzip. Von E. Nickel, Münster und G. Frenzel. — Autoren-, Sach- und Ortsverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften

in Einzeldarstellungen

mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete

Herausgegeben von

R. Grammel · E. Hopf · F. Rellich · F. K. Schmidt · B. L. van der Waerden

Es liegen vor:

Band II: **Theorie und Anwendung der unendlichen Reihen.** Von Dr. Konrad Knopp, o. Professor der Mathematik an der Universität Tübingen. Vierte Auflage. Mit 14 Textfiguren. XII, 583 Seiten. 1947. DM 39.60

Band IV: **Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers.** Von Dr. Erwin Madelung, o. Professor der theoretischen Physik an der Universität Frankfurt a. M. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 29 Textabbildungen. XX, 531 Seiten. 1950. DM 47.—; Ganzleinen DM 49.70

Band XXVII: **Grundzüge der theoretischen Logik.** Von D. Hilbert † und W. Ackermann, Lüdenscheid. Dritte, verbesserte Auflage. VIII, 155 Seiten. 1949. DM 16.50; Ganzleinen DM 19.80

Band XXXIII: **Moderne Algebra.** Von Dr. B. L. van der Waerden, Professor der Mathematik an der Universität Amsterdam. Unter Benutzung von Vorlesungen von E. Artin und E. Noether. Erster Teil. Dritte, verbesserte Auflage. VIII, 292 Seiten. 1950. DM 24.—; Ganzleinen DM 27.—

Band XLI: **Vorlesungen über die Theorie der Polyeder unter Einschluß der Elemente der Topologie.** Von Ernst Steinitz. Aus dem Nachlaß herausgegeben und ergänzt von Hans Rademacher. Mit 190 Abbildungen. VIII, 351 Seiten. 1934. DM 27.—

Band XLIX: **Geometrie der Gewebe.** Topologische Fragen der Differentialgeometrie. Von Wilhelm Blaschke und Gerrit Bol. Mit 137 Figuren. VIII, 339 Seiten. 1938. DM 28.50; Ganzleinen DM 29.70

Band LII: **Formeln und Sätze für die speziellen Funktionen der mathematischen Physik.** Von Dr. Wilhelm Magnus, Professor der Mathematik an der Universität Göttingen, und Dr. Fritz Oberhettinger, Dozent für Mathematik an der Universität Mainz. Zweite Auflage. VIII, 230 Seiten. 1948. DM 24.60

Band LV: **Anwendung der elliptischen Funktionen in Physik und Technik.** Von Dr. Fritz Oberhettinger, Dozent für Mathematik an der Universität Mainz, und Dr. Wilhelm Magnus, Professor der Mathematik an der Universität Göttingen. Mit 54 Abbildungen. VII, 126 Seiten. 1949. DM 15.60; Ganzleinen DM 18.30

Band LVI: **Die Entwicklung der Infinitesimalrechnung.** Eine Einleitung in die Infinitesimalrechnung nach der genetischen Methode. Von Otto Toeplitz. 1. Band: Aus dem Nachlaß herausgegeben von Dr. Gottfried Köthe, Professor der Mathematik an der Universität Mainz. Mit 148 Abbildungen. IX, 181 Seiten. 1949. DM 19.60; Ganzleinen DM 22.60

Band LVII: **Theoretische Mechanik.** Eine einheitliche Einführung in die gesamte Mechanik. Von Dr. phil. Georg Hamel, o. Professor an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg, o. Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften. Mit 161 Abbildungen. XVI, 796 Seiten. 1949. DM 63.—; Ganzleinen DM 66.—

Band LVIII: **Einführung in die Differentialgeometrie.** Von Wilhelm Blaschke. Mit 57 Abbildungen. VII, 146 Seiten. 1950. DM 16.—; Ganzleinen DM 18.60

Band LIX: **Vorlesungen über Zahlentheorie.** Von Helmut Hasse, o. Professor an der Humboldt-Universität Berlin. Mit 28 Abbildungen. XII, 474 Seiten. 1950. DM 42.—; Ganzleinen DM 45.—

Band LX: **Numerische Behandlung von Differentialgleichungen.** Von Dr. Lothar Collatz, o. Professor an der Technischen Hochschule in Hannover. Mit 110 Abbildungen und 1 Porträt. XIII, 458 Seiten. 1951. DM 45.—; Ganzleinen DM 48.—

Band LXI: **Fastperiodische Funktionen.** Von Wilhelm Maak, Professor an der Universität Hamburg. VIII, 240 Seiten. 1950. DM 21.60; Ganzleinen DM 24.60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegen zwei Prospekte des Springer-Verlages, Berlin · Göttingen · Heidelberg, bei.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg Haltter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.